VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra telekomunikační techniky

Kanálové pozadí v kmitočtových oblastech televizního vysílání

Frequency background in television broadcasting band

2010 Bc. Jiří Čech

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra telekomunikační techniky

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jiří Čech**

Studijní program: N2647 Informační a komunikační technologie

Studijní obor: 2601T013 Telekomunikační technika

Téma: Kanálové pozadí v kmitočtových oblastech televizního vysílání

Frequency background in television broadcasting band

Zásady pro vypracování:

1.Teoreticky objasněte pojem "kanálové pozadí".
2. Proveďte měření mapující kanálové pozatí IV. a V. televizního pásma na vybraném území.
3. Proveťe rozbor rušících signálů.

Seznam doporučené odborné literatury:

LEGÍŇ, Martin. *Televizní technika DVB-T.* 1. vyd. Praha : BEN, 2006. 288 s. ISBN 80-7300-204-3.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Marek Dvorský, Ph.D.**

Datum zadání: 20.11.2009
Datum odevzdání: 07.05.2010

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ-TECHNICKÁ UNIVERZITA * OSTRAVA * Fakulta elektrotechniky a informatiky

prof. RNDr. Vladimír Vašinek, CSc.
vedoucí katedry

prof. Ing. Ivo Vondrák, CSc.
děkan fakulty

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

…….
podpis

Poděkování

Především bych zde chtěl poděkovat svým rodičům za všemožnou podporu při studiu. Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Markovi Dvorskému, Ph.D. za odborné vedení, věcné připomínky a vytvoření podmínek pro zpracování této diplomové práce. Rovněž velké poděkování patří panu Ing. Čeňku Pavelkovi, CSc. za poskytnutí cenných informací a rad v rámci konzultací a návštěv v Praze.

Abstrakt

Tato diplomová práce pojednává o možném způsobu simulace, výpočtu a měření kanálového pozadí v kmitočtové oblasti televizního vysílání. Simulace byla provedena pomocí programu RadioLab a jeho subsystémů. Kontinuální měření jednotlivých televizních vysílačů probíhalo na vybraném území v příměstské části Ostrava-Poruba. V této práci jsou rovněž uvedeny hodnoty parametrů a ochranných faktorů, na jejichž základě se posuzuje, zda dochází k rušení na shodných případně sousedních rádiových kanálech. V závěru práce je proveden rozbor výsledků, kde bylo zjištěno překročení stanoveného ochranného poměru v případě prověřovaného vysílače užitečného digitálního signálu Ostrava-Hladnov.

Klíčová slova

Korekční faktor, model šíření, efektivně vyzářený výkon, kanálové pozadí, rušivé pole, ochranný poměr, technický plán přechodu, užitečný signál, frekvenční plán, výskyt rušení, územní oblast, měřící bod, intenzita elektrického pole, rádiový kanál, zemské digitální televizní vysílání, zemské analogové televizní vysílání, multiplex, azimut, televizní pásmo, obsazenost spektra, anténní faktor, analýza rušení.

Abstract

This thesis discusses the possible ways of simulation, calculation and measurement frequency background in television broadcasting band. Simulations were performed using RadioLab and its subsystems. Continuous measurement of individual television transmitters takes place on selected area in the suburban parts of Ostrava-Poruba. In this work are also the values of parameters and protective factors on which to determine whether there is interference on the same or adjacent radio channels. The conclusion is an analysis of the results, which found the protective ratio exceeding that in the case examined a useful digital signal transmitter Ostrava-Hladnov.

Key words

Correction factor, distribution model, effective radiated power, frequency background, nuisance field, protective ratio, technical transition plan, useful signal, frequency plan, occurrence of interference, geographical area, measuring point, electric field intensity, radio channel, terrestrial digital TV broadcasting, terrestrial analogue television broadcasting, multiplex, azimuth, television band, availability of spectrum, antenna factor, interference analysis.

Seznam použitých zkratek

AF		Anténní faktor
ATV		Analogové televizní vysílání
BA	Broadcast analyzer	Analyzátor vysílání/příjmu
CA	Clearence angle	
Čra		České radiokomunikace
ČTÚ		Český telekomunikační úřad
ČMI		Český metrologický institut
DTM	Digital terrain model	
DVB-T	Digital video broadcast terrestrial	Digitální pozemní televizní vysílání
ERP	Effective radiated power	Efektivně vyzářený výkon
GE06	Geneva 2006	Mezinárodní dohoda Ženeva 2006
ITU	International Telecommunication Union	Mezinárodní telekomunikační unie
KP	Frequency background	Kanálové pozadí
NF	Nuisance field	Rušivé pole
OP	Protective ratio	Ochranný poměr
QAM	Quadrature amplitude modulation	Kvadraturní amplitudová modulace
RRC	Regional Radiocommunication Conference	Regionální radiokomunikační konference
SFN	Single frequency network	Jednofrekvenční sítě
ST61	Stockholm 1961	Mezinárodní dohoda Stokholm 1961
TPP		Technický plán přechodu
UHF	Ultra high frequency	Velmi krátké vlny
USB	Universal serial bus	Univerzální sériové rozhraní
WGS	World geodetic system	Světový geodetický systém

Obsah:

1 Úvod

Vzhledem k situaci v České republice, kde donedávna více než 75% obyvatelstva přijímala signál analogové televize z pozemských TV vysílačů a pouze 25% příjmu se dělo cestou kabelových rozvodů nebo satelitních přijímačů bylo zavedení digitalizace pozemského vysílání jedinou možnou cestou k rozšíření programové nabídky a zvýšení úrovně datových služeb pro obyvatelstvo. Dnes se implementace systému DVB-T (Digital video broadcasting – terrestrial) v České republice blíží k poslední etapě přechodu a to z etapy postupného přechodu od analogového k digitálnímu vysílání k etapě ukončení analogového vysílání, což většina z nás obyvatel měla možnost zaregistrovat. Vzniká tak prostor pro výskyt rušení silnými signály na shodných nebo sousedních kanálech. Pomocí prakticky provedeného měření kanálového pozadí, dále jen KP, lze přesně posoudit a zkoumat dopad rušení jiných vysílačů sítě v oblasti, nebo zahraniční sítě, vůči prověřovanému vysílači. To je důležité zejména pro správný chod stávajících vysílacích sítí a budoucí frekvenční plány potenciálních vysílačů. V praxi se tak na základě výsledků měření kanálového pozadí posuzuje přidělení licence a oprávnění vysílat pro jednotlivé kanály provozovatelů. V České republice se měřením kanálového pozadí v Radiokomunikačních sítí zabývá Český metrologický institut (ČMI) s nímž úzce spolupracuje i Český telekomunikační úřad (ČTÚ).

Cílem této práce je praktické měření mapující kanálové pozadí IV. a V. televizního pásma na územní oblasti Ostrava. V této oblasti jsou v provozu v rámci pozemního digitálního vysílání (DVB-T) celkem čtyři multiplexy, jejichž distribuci zajišťují vysílače na jednotlivých kanálech. Vzhledem k nynější situaci rozvoje systému DVB-T u sousedních států jako je Polsko a Slovensko jsou prozatím zdrojem potenciálního rušení spíše stávající analogové vysílače. Z pohledu výpočtu a analýzy rušení je tak užitečným signálem označen signál digitální. Na základě výpočtů rušení provedených pomocí programu RadioLab byly vybrány vysílače pro analýzu a praktické měření kanálového pozadí probíhající po dobu 24 hodin. Z naměřených dat je následně proveden rozbor rušících signálů a objasněn tak pojem „kanálové pozadí“. V poslední části práce je porovnání výsledků měření s výpočtem kanálového pozadí v programu Broadcast Analyzer, jenž mi poskytl Český metrologický institut (ČMI).

2 Seznámení s oblastmi televizního vysílání

„Plánování rozhlasových a televizních vysílacích frekvencí se tradičně koordinuje na mezinárodní úrovni z důvodu velké pravděpodobnosti dálkové interference vznikající přenosem vysílacích signálů z velmi výkonných vysílačů.“ (Sdělení priorit politiky EU v oblasti spektra pro přechod na digitální vysílání v souvislosti s nadcházející Regionální radiokomunikační konferencí Mezinárodní telekomunikační unie (ITU) v roce 2006 (RCC-06)).[1]

2.1 Mezinárodní frekvenční plán

Mezinárodní frekvenční plán orientovaný na analogové televizní vysílání pochází z doby uzavření Regionální dohody pro Evropské rozhlasové pásmo (Stockholm 1961).

V dobách své největší slávy se dohoda ST61 týkala téměř celého VHF / UHF pásma vysílání v Evropském vysílacím prostoru. V roce 1985 bylo vyjmuto kmitočtové pásmo 87.5-108 MHz určené pro rádiové rozhlasové vysílání vytvořením dohody GE84.

V roce 2006 pak na základě výsledků jednání Regionální radiokomunikační konference zřízené Mezinárodní telekomunikační unií (ITU) označované jako RRC-06 vznikla mnohostranná dohoda GE06 stanovující pravidla pro plánování nových frekvencí pro pozemní digitální vysílání v oblasti kmitočtového pásma 174-230 MHz a 470-862 MHz. Tato dohoda platí pro zúčastněné strany zahrnující kontinent Evropy, včetně Ruské federace, Afriky a části Středního východu. Nahrazuje tak výše uvedený stockholmský plán z let 1961.

Pro oblast televizního vysílání byly vymezeny kmitočtové pásma I, III, IV a V ve frekvenčním rozsahu od 47 do 862 MHz. Poslední dvě kmitočtová pásma tj. IV a V, pro něž bude prováděno měření kanálového pozadí se označují jako UHF (Ultra high frequency).

Pro měření v oblasti televizního vysílání je nutné znát soustavu frekvenčních poloh jednotlivých rádiových kanálů. Podle nich pak můžeme na měřícím přístroji (spektrální analyzátor), zadat parametr jako je kmitočet a jemu odpovídající rádiový kanál na kterém měřený vysílač vysílá.

Tabulka 2.1 znázorňuje soustavu používanou v rámci celé Evropy[1]. Jediné v čem se některé státy mohou lišit, je odstup kmitočtu zvuku od obrazu. V České republice a v dalších zemích bývalého východního bloku se používá kmitočet zvuku podle normy CCIR K. Ta definuje odstup zvuku od obrazu o 6,5 MHz. Na sousedním Slovensku se plynule přešlo z normy K na normu CCIR G, jenž definuje odstup zvuku od obrazu o 5,5 MHz. Rádiové

[1] Kmitočty označené šedou barvou jsou kmitočty, na nichž bude prováděno měření KP.

kanály 21 až po horní kmitočet kanálu 34 jsou určeny pro IV. televizní pásmo. Kanály 35 až 69 pak pro V. televizní pásmo. Rádiovým kanálem se rozumí část rádiového spektra ve IV. a V. televizním pásmu (470-862 MHz) vymezeného rozsahem kmitočtů od (470 + (n - 21) · 8) do (470 + (n – 20) · 8) v MHz, kde n je definováno z rozsahu čísel 21 až 69.[2]

Tabulka 2.1: Kmitočty TV kanálů

kanál		Kmitočet [MHz]	
		DVB-T – střední kmitočet	**ATV – kmitočet nosné obrazu**
IV. televizní pásmo	C 21	474,00	471,25
	C 22	482,00	479,25
	C 23	490,00	487,25
	C 24	498,00	495,25
	C 25	506,00	503,25
	C 26	514,00	511,25
	C 27	522,00	519,25
	C 28	530,00	527,25
	C 29	538,00	535,25
	C 30	546,00	543,25
	C 31	554,00	551,25
	C 32	562,00	559,25
	C 33	570,00	567,25
	C 34	578,00	575,25
V. televizní pásmo	C 35	586,00	583,25
	C 36	594,00	591,25
	C 37	602,00	599,25
	C 38	610,00	607,25
	C 39	618,00	615,25
	C 40	626,00	623,25
	C 41	634,00	631,25
	C 42	642,00	639,25
	C 43	650,00	647,25
	C 44	658,00	655,25
	C 45	666,00	663,25
	C 46	674,00	671,25
	C 47	682,00	679,25
	C 48	690,00	687,25
	C 49	698,00	695,25
	C 50	706,00	703,25
	C 51	714,00	711,25
	C 52	722,00	719,25
	C 53	730,00	727,25
	C 54	738,00	735,25

kanál		Kmitočet [MHz]	
		DVB-T – střední kmitočet	ATV – kmitočet nosné obrazu
V. televizní pásmo	C 55	746,00	743,25
	C 56	754,00	751,25
	C 57	762,00	759,25
	C 58	770,00	767,25
	C 59	778,00	775,25
	C 60	786,00	783,25
	C 61	794,00	791,25
	C 62	802,00	799,25
	C 63	810,00	807,25
	C 64	818,00	815,25
	C 65	826,00	823,25
	C 66	834,00	831,25
	C 67	842,00	839,25
	C 68	850,00	847,25
	C 69	858,00	855,25

K vysílání zemské digitální televize DVB-T je využíváno stejné kanálové rozdělení spektra jako u analogového TV vysílání. Zásadní rozdíl mezi zemským analogovým televizním vysíláním, dále jen ATV a zemským digitálním televizním vysílání (DVB-T) je v použité modulaci. V případě ATV je k přenosu signálu rádiovým kanálem využíváno analogové modulace s jedním částečně potlačeným postranním pásmem (AM-VSB). Oproti tomu televizní vysílání ve standardu DVB-T využívá digitální modulační schéma.[2]

Digitální signál ve standardu DVB-T vyplňuje téměř celý 8 MHz kanál, proto už se neuvádějí nosné kmitočty zvuku a obrazu, ale uvádí se jen tzv. **střední kmitočet TV kanálu v MHz.** Celý rozsah kanálu je od -4 až do +4 MHz od středního kmitočtu. Jelikož analogové vysílání je v České republice na ústupu dochází v současnosti k uvolňování jednotlivých rádiových kanálů pro účely systému vysílání ve zmiňovaném standardu DVB-T. Děje se tak na základě vyhlášky č.161/2008 Sb. o technickém plánu přechodu, dále jen (TPP), zemského analogového televizního vysílání na zemské digitální televizní vysílání. Podle TPP se v procesu přechodu ATV na DVB-T postupuje po územních oblastech. Ty jsou vymezeny spojnicemi vrcholových bodů příslušného mnohoúhelníku nebo státní hranicí České republiky viz obrázek 2.1.

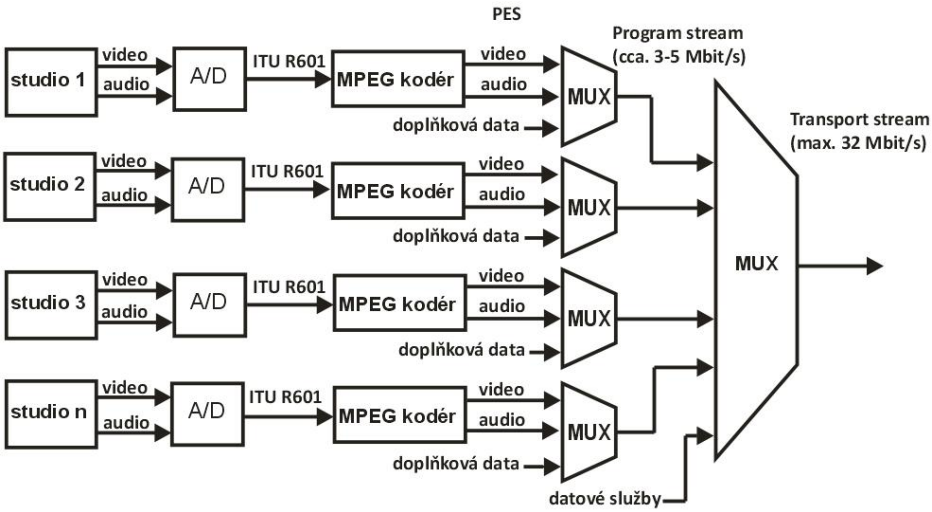
V příloze A je možné vidět postupný proces vypínání analogových vysílačů a nárůst celkového počtu digitálních vysílačů na základě výpočtu pokrytí poskytnutého Českým telekomunikačním úřadem z období 15.září 2009 až po současný stav odpovídající k termínu 31.březen 2010.

Obr. 2.1: Grafické znázornění územních oblastí [3]

2.2 Provozované vysílače DVB-T v oblasti

Propojením bodů 20, 18, 19 spolu se státní hranicí České republiky je vyznačena územní oblast Ostrava. Jelikož měření kanálového pozadí bude probíhat právě v rámci této oblasti je potřeba se s ní blíže seznámit.

V současné době jsou v České republice uděleny licence na provozování čtyř digitálních multiplexů v rámci systému DVB-T. **Multiplex** je označení pro souhrnný datový tok obsahující dílčí datové toky náležející jednotlivým televizním, případně rozhlasovým programům, službám v podobě doplňkových dat související s programy nebo dodatečným datovým službám, jenž jsou upraveny pro společný přenos a následně šířeny prostřednictvím vysílací sítě DVB-T.[3]



Obr. 2.2: Schéma zdrojového kódování a multiplexování[2]

[2] Parametry včetně celkového bitového toku provozovaných multiplexů v elektronické příloze I.

ITU R601 – standard digitalizace (doporučení pro digitalizaci obrazových signálů).

MPEG kodér – zajišťuje kompresní algoritmus MPEG2 popřípadě MPEG4.

PES (Packetized elementary stream) – zdrojový datový tok.

Doplňková data – služby typu teletext, titulky a jiné interaktivní aplikace.

Datové služby – služby typu elektronický programový průvodce (EPG), datový karusel aj.

V územní oblasti Ostrava jsou provozovány všechny tyto čtyři licenční multiplexy.

1. **Multiplex „síť 1“** – nazývaný též „Veřejnoprávní multiplex“, jehož provozovatelem je Česká televize. Stejně tak obsahuje i všechny programy České televize a Českého rozhlasu. Většina vysílacích frekvencí byla dříve využívána k analogovému vysílání programu ČT2.

   - ČT 1
   - ČT 2
   - ČT 24
   - ČT 4
   - ČRo1 Radiožurnál
   - ČRo2 Praha
   - ČRo3 Vltava
   - ČRo Rádio Česko/ČRo6
   - ČRo Rádio Wave
   - ČRo Leonardo
   - ČRo D-dur

2. **Multiplex „síť 2“** – tento multiplex vznikl z dříve provozovaného dočasného multiplexu A. Jeho provozovatelem jsou České radiokomunikace a.s. zajišťující programovou nabídku komerčních televizních stanic.

   - Nova
   - Nova Cinema
   - TV Barrandov
   - Prima
   - Prima Cool

3. **Multiplex „síť 3“** – jeho provozovatelem je společnost Czech Digital Group a vznikl taktéž z již dříve provozovaného dočasného multiplexu B.

   - Z1
   - TV Noe
   - Public TV
   - Rádio Proglas
   - Prima HD

4. **Multiplex „síť 4“** – jejím provozovatelem je nadnárodní společnost Telefonica O2, která tuto síť testuje pro vysílání ve formátu MPEG-4, H264.

- ČT 1 HD
- Nova HD
- Óčko
- O2 Info

Spolu s těmito multiplexy je v regionu Ostrava provozován ještě multiplex ,,Local TV“ jehož digitální televizní vysílání zajišťuje stejnojmenná společnost Local TV Klimkovice. Vysílání probíhá na 28. kanálu (530 MHz) o malém vysílacím vyzářeném výkonu 8 W. Z tohoto důvodu uvedený vysílač nepředstavuje možnost potenciálního rušení v oblasti a nebude tak dále rozebírán. V současné fázi digitálního vysílání se do budoucna předpokládá, že bude k dispozici minimálně šest celoplošných multiplexů. Přesný počet však vzejde až v konečné fázi plně digitálního vysílání na základě Regionální radiokomunikační konference (RRC). Obyvatelé České republiky se tak do budoucna můžou těšit na širší programovou nabídku v podobě nových stanic. Na webu **www.digitalnitelevize.cz** má čtenář s termíny startu k dispozici podrobné údaje multiplexů a kanálů.

Distribuci souhrnného datového toku označovaného jako multiplex nebo také digitální síť zajišťují v územní oblasti Ostrava ke dni 23.3.2010 celkem čtyři vysílače včetně neuvažovaného vysílače společnosti Local TV Klimkovice, BTV Klimkovice-Hýlov. Jedním z prověřovaných vysílačů z hlediska dopadu rušení z okolních vysílačů v rámci prováděného měření kanálového pozadí je i vysílač Ostrava-Hošťálkovice viz obrázek 2.3. Jedná se o vysílač velkého výkonu označovaného na základě vyhlášky č.161/2008 Sb. o TPP. Tato vyhláška obsahuje i termín spuštění digitálního vysílání vysílače k datu 31.5.2010. Spuštění digitálního vysílání bylo však urychleno oproti plánovanému termínu na základě požadavku společnosti České radiokomunikace a.s. K vysílání s plným výkonem (100 kW ERP) přistoupili Čra ke dni 1.11.2009.

Síť 1:

Vysílač „Hošťákovice“

DVB-T multiplex 1, provozovaný společností *České radiokomunikace a.s.*

- lokalizace: Loc: 49°51'40.6"N, 18°12'44.8"E

- nadmořská výška: 287 m
- výška vysílací antény: 161 m
- kmitočtová pozice: 54. kanál (738 MHz), 100 kW ERP (1. multiplex)

Obr. 2.3: Vysílač Hošťálkovice

V rámci dalšího rozvoje digitální sítě 3 pro územní oblast Ostrava bude na vysílači Ostrava-Hošťálkovice spuštěno digitální vysílání na kanále 48 k plánovanému termínu duben 2011.

Dalším z prověřovaných vysílačů z hlediska dopadu rušení z okolních vysílačů v rámci prováděného měření kanálového pozadí je vysílač Ostrava-Hladnov někdy též uváděný jako Ostrava-Slezká Ostrava vzhledem k místu, kde se nachází, viz obrázek 2.4. Jedná se taktéž o vysílač velkého výkonu poskytující příjem hned tři digitálních sítí v oblasti. Spuštění v rámci digitálního vysílání je vztaženo k datu 31.10.2008.

Síť 1,2,3:

Vysílač „Hladnov“

DVB-T multiplex 1, 2 provozovaný společností České radiokomunikace a.s. a DVB-T multiplex 3 provozovaný společností *Czech Digital Group a.s.*

- lokalizace: Loc: 49°50'51.037"N, 18°18'18.505"E
- nadmořská výška: 266 m
- výška vysílací antény: 41.5 m

- kmitočtová pozice:
  - § 54. kanál (738 MHz), 10 kW ERP (1. multiplex)
  - § 39. kanál (618 MHz), 10 kW ERP (2. multiplex)
  - § 32. kanál (562 MHz), 2 kW ERP (3. multiplex)

V případě rádiového kanálu 32, na němž probíhá distribuce vysílací sítě 3, se jedná o tzv. dočasný kmitočet. Ten byl stanoven v rámci souběžného vysílání s ohledem na stávající analogové televizní vysílání (ATV) v oblasti. Napovídá tomu i dočasně snížená hodnota výkonu 2 kW ERP. V konečné podobě by však mělo dojít k obsazení na 48 kanálu o plném výkonu 10 kW ERP někdy v dubnu 2011. V tento termín tak vysílače Hošťálkovice a Hladnov budou moci současně vysílat na stejném kanále 48 v podobě tzv.SFN (Single frequency network), jenž má umožnit lepší vykrytí oblasti spolu se zvýšenou kvalitou příjmu. Rozvoj vysílací sítě 3 má v budoucnu podpořit i vysílač Jeseník-Praděd o plném výkonu 100kW. Tomu by měl připadnout rádiový kanál 51 uvedený do provozu v období měsíce říjen 2011. Jednofrekvenční řešení sítě se nabízí do budoucna i v rámci vysílací sítě 1 spolu s vysílačem Ostrava-Hošťálkovice a vysílačem Lysá hora, který by měl být uveden do provozu v červenci 2010.

Obr. 2.4: Vysílač Hladnov

Posledním vysílačem, o kterém se zmíním je vysílač Ostrava-1.máje provozovaný nadnárodní společností Telefonica O2. Budovu spolu s umístěnou anténou je možné vidět na obrázku 2.5.

Jedná se o vysílač malého výkonu ve zkušebním až experimentálním provozu vysílající na uvolněném 63. rádiovém kanálu. V rámci digitálního vysílání tak dochází k častým výpadkům signálu. Z těchto důvodů není dále řazen mezi prověřované vysílače za účelem měření kanálového pozadí a vyhodnocení případného rušení.

Síť 4:

Ostrava - 1. máje

DVB-T multiplex 4, provozovaný společností *Telefónica O2*

- lokalizace: Loc: 49°49'39"N, 18°15'32" E
- nadmořská výška: 227 m
- výška vysílací antény: 45 m
- kmitočtová pozice: 63. kanál (810 MHz), výkon: 0,81 kW ERP (4.multiplex)

Obr. 2.5: Budova Telefóniky O2 v ulici 1. Máje

2.3 Parametry a ochranné faktory

Sítě DVB-T jsou projektovány na základě nejdůležitějších parametrů, které se používají v analogových sítích, např. **minimální intenzita pole pro užitečný signál** a ochranné faktory jako je **ochranný poměr (OP)** definující přípustný poměr užitečného rozhlasového nebo televizního vysílání signálu k rušivému signálu na vstupu přijímače. Tyto parametry jsou

stanoveny na základě **vyhlášky č.163/2008 Sb**. a dohody **Chester 97**, týkající se technických kritérií, koordinací zásad a postupů pro zavedení zemského digitálního televizního vysílání.

Hodnoty minimálních intenzit a ochranných poměrů jsou použity i ve výpočtech pomocí programu Radiolab o němž bude zmínka později.

V tabulce 2.2 jsou uvedeny minimální hodnoty intenzity užitečného signálu v případě zemského analogového televizního signálu (ATV), které se používají v metodě a výpočtu pro stanovení intenzity na území pokrytém signálem.

Způsob vysílání	Rozsah rádiových kanálů	Hodnota intenzity E_{min} [dBµV/m]
ATV	21-34	65
	35-69	70

Tabulka 2.2: Minimální hodnoty intenzit

Pro případ míst bez rušení jsou hodnoty minimálních intenzit v porovnání s tabulkou menší. Pro IV. televizní pásmo zahrnující kanály 21 až 34 o 10 dB a pro V. televizní pásmo zahrnující rádiové kanály 35 až 69 o 12 dB.

Stejně tak jsou stanoveny minimální hodnoty intenzity užitečného signálu v případě zemského digitálního televizního signálu (DVB-T), které se používají v metodě a výpočtu pro stanovení intenzity na území pokrytém signálem.

Způsob vysílání	Rozsah rádiových kanálů	Hodnota intenzity E_{min} [dBµV/m]
DVB-T	31-38	54
	39-47	55
	48-58	56

Tabulka 2.3: Minimální hodnoty intenzit

Tabulka 2.3 obsahuje záměrně pouze hodnoty minimálních intenzit začínající rozsahem rádiového kanálu 31 a 58 kanálem konče. Jedná se totiž o rádiové kanály, s nimiž bude později pracováno ve výpočtech a prováděných měření.

Rušení je obecně jev, k němuž dochází v případě, kdy je užitečný signál přijímaný na anténě znehodnocen jiným signálem, a dochází tak ke snížení kvality příjmu. Rušení je možné rozdělit do několika skupin podle délky působnosti na trvalé, dlouhodobé, krátkodobé a impulsní.

Tabulka 2.4 znázorňuje ochranné poměry udávané v jednotkách dB pro výpočet rušení a případ, kdy užitečným signálem je signál analogový a rušícím signál digitální.

Užitečný signál	Rušící signál	Rádiový kanál	Ochranný poměr [dB]
analogový	digitální	shodný	34
analogový	digitální	sousední horní	-8
analogový	digitální	sousední spodní	-9

Tabulka 2.4: Ochranné poměry – užitečný signál analogový

V případě digitálního užitečného signálu se pro stanovení ochranných poměrů uvažuje systémová varianta digitálního vysílání s modulačním schématem 64-QAM, provozním režimem 8K, kódovým poměrem 2/3 a ochranným intervalem 1/4. Ochranné poměry stanovené pro výpočet intenzity rušení jsou uvedeny v následující tabulce.

Užitečný signál	Rušící signál	Rádiový kanál	Ochranný poměr [dB]
digitální	analogový	shodný	4,5
digitální	analogový	sousední horní	-35
digitální	analogový	sousední spodní	-38

Tabulka 2.5: Ochranné poměry – užitečný signál digitální

V případě digitálního rušivého signálu se uvažuje pro shodný rádiový kanál ochranný poměr v hodnotě 20 dB a pro sousední rádiový kanál v hodnotě -30 dB.

NF (Nuisance field) neboli rušivé pole je jedním z dalších parametrů. Popisuje kvantitativní vliv rušení vysílače na pokrytí prověřovaného vysílače. Je odvozen z předpokládané síly pole rušivého vysílače, příslušného ochranného poměru, případně směrovostí přijímací antény a polarizačního diskriminantu. Hodnota rušivého pole je tedy celkově dána výrazem[5]:

$$E_n = E_i + PR + A_d + A_p \qquad \text{[dBµV/m; dBµV/m,dB,dB,dB,dB]} \qquad (2.1)$$

, kde: E_n je síla rušivého pole

E_i je předpokládaná intenzita pole rušícího vysílače

PR je příslušný ochranný poměr (OP)

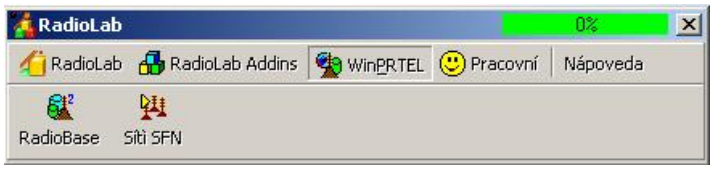
A_d je anténní směrový diskriminant, kde $A_d \leq 0$

A_p je anténní polarizační diskriminant, kde $A_p \leq 0$

Pro naše potřeby uvedenou formuli výpočtu rušivého pole zjednodušíme na součet intenzity rušivého signálu a příslušného ochranného poměru. Takto zjednodušený výraz je použit i při redukci potenciálně rušících vysílačů a následném výpočtu rušení v programu RadioLab.

3 Simulace KP pomocí programu RadioLab

Pro výpočet a analýzu rušení vůči prověřovaným vysílačům je použit radiokomunikační systém Radiolab ver. 3.6 vyvinutý společností CRC Data. Konkrétně subsystém RadioBase2 obsahující data vysílačů, jenž byly dále zpracovány výpočetním systémem v podobě subsystému sítě SFN. Tyto subsystémy nejsou obsaženy v základní nabídce programu Radiolab 3.6, a proto je bylo nutné doinstalovat.



Obr. 3.1: Hlavní okno aplikace

RadioLab 3.6 je tedy radiokomunikační systém, respektující znění vyhlášky č.163/2008 Sb., určený pro analýzu a vizualizaci šíření rádiových signálů nad zemským povrchem a práci s terénním profilem obsahující výpočty a vizualizace rádiové viditelnosti a plošného rozložení intenzity signálu. Jedná se o inženýrský systém, jehož služeb využívá i Český telekomunikační úřad a Český metrologický institut při řešení základních úloh, analýz a návrhů radiokomunikačních systémů pro služby plošného pokrytí jako jsou mobilní služby, analogová a digitální televize případně rozhlas.[6]

RadioBase2 je datový subsystém, kde je možné vkládat a upravovat data jednotlivých vysílačů plošného pokrytí zejména pro služby analogové a digitální televize a rozhlasu. Možnosti zadání datových parametrů vysílačů vycházejí ze standardů konference Chester 97 a souvisejících dokumentů. Serverový systém pak poskytuje uložená data vysílačů k zpracování pro nadřazený systém realizující výpočet pokrytí a rušení, v našem případě systému sítě SFN.[7]

Sítě SFN je nadřazený výpočetní systém nad daty vysílačů uložených v subsystému RadioBase2 na jejichž základě pak provádí analýzu pokrytí a rušení pro služby FM, ATV, DVB-T a T-DAB včetně analýz a návrhů jednofrekvenčních sítí DVB-T. Výpočetní algoritmy a parametry obsažené ve výpočtech vycházejí ze standardů Regionální radiokomunikační konference označované jako RRC-06 a souvisejících dokumentů.[8]

Pro analýzu pokrytí a rušení jsem použil databáze vysílačů/převaděčů poskytnutých Českým metrologickým institutem. Jedna z databází obsahovala provozované vysílače včetně převaděčů analogového a digitálního televizního vysílání na území České republiky a druhá vysílače/

převaděče analogového televizního vysílání provozované v zahraničí. K tomu aby bylo možné pracovat s oběma databázemi najednou, slouží komponent Merge datový server, který implementuje virtuální datový kontejner poskytující služby nad daty více datových kontejnerů.

To jsem provedl spuštěním datového subsystému RadioBase2 přes menu *Volitelné/konfigurace*, kde bylo nejdříve nutné načíst obě databáze do datových kontejnerů využívajícího serveru RadioBase MDB 2.0. Následně jsem vytvořil datový kontejner využívající právě server RadioBase Merge 2.0, kde v kolonce parametry připojení je možnost výběru ze seznamu načtených databází v podobě datových kontejnerů. Zde jsem tedy označil obě poskytnuté databáze. V **elektronické příloze II** přikládám použité databáze v podobě souboru typu MDB s názvem *Moje.mdb*.

3.1 Nastavení parametrů pro výpočet rušení

Jak bylo zmíněno výše pro výpočet a analýzu rušení je použit výpočetní systém sítě SFN. Tento systém nabízí možnosti výpočtu pro množinu vysílačů užitečného signálu a signálu rušícího. Za vysílače užitečného signálu byly jednotlivě zvoleny následující prověřované vysílače zajišťující distribuci digitálního vysílání pro územní oblast Ostrava uvedené v článku 2.2.

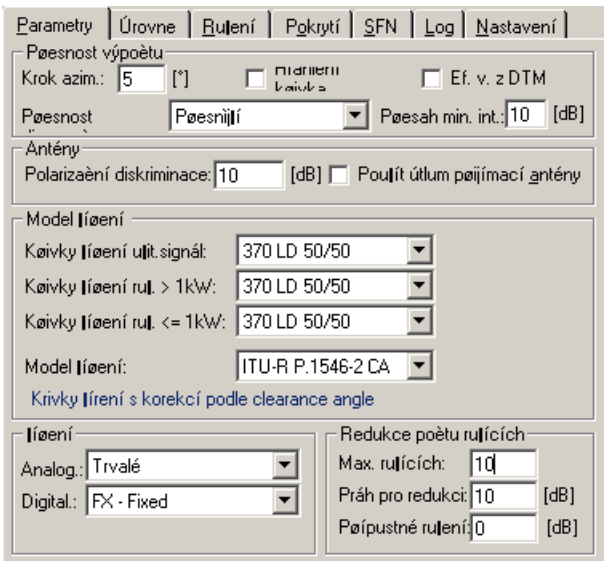
- Ostrava-Hošťálkovice (54. kanál)
- Ostrava-Hladnov (32. kanál)
- Ostrava-Hladnov (39. kanál)

Pomocí tlačítka *přidat* je možné načíst uvažovaný vysílač užitečného signálu z databáze vysílačů v RadioBase2. V dalším kroku bylo nutné zvolit model křivek šíření ze seznamu všech nainstalovaných serverů poskytujících data křivek šíření, nad kterými se budou realizovat výpočetní metody sítě SFN. Pro náš případ byl vybrán server křivek šíření **ITU-R P.1546-2 CA** s korekčním faktorem. Tento korekční faktor **CA** (clearance angle) zahrnuje pouze vliv nejbližší překážky. Je vyjádřen v jednotkách dB a jeho hodnota je závislá na vlastnostech překážky a terénu. Tento faktor musí být podle vyhlášky č.163/2008 Sb. o způsobu stanovení pokrytí signálem zemského televizního vysílání obsažen v metodě výpočtu. Kdybychom však zvolili jiný z nabízených serverů křivek šíření, například model RDK-2 vyvinutý bývalou firmou TESTCOM, nynější ČMI, vypočítané parametry by se lišily. Křivky šíření elektromagnetických vln jsou na základě stejné vyhlášky vztažené pro 50% míst, 50% času pro užitečný signál a pro 50% míst, 1% času pro rušící signál. Model šíření spolu s dalšími nastavenými parametry výpočtu je zobrazen na obrázku 3.2.

V záložce *Rušení* byly pomocí tlačítka *Výběr rušících* načteny všechny potenciálně rušící vysílače/převaděče, které splňují frekvenční podmínku pro jednotlivé prověřované vysílače užitečného DVB-T signálu. V dolní části záložky *Rušení* je zobrazen seznam těchto rušících vysílačů/převaděčů pro zvolený vysílač užitečného signálu. Seznam obsahuje základní údaje o vysílačích/převaděčích: *ID*, *jméno*, *rádiový kanál*, *výkon*, *vzdálenost* rušícího vysílače od vysílače užitečného signálu, *azimut* od vysílače užitečného signálu k rušícímu vysílači, *ochranný poměr* pro výpočet rušení mezi těmito dvěma vysílači. Pomocí tlačítka *NF* je proveden výpočet hodnot rušivého pole v nejhorším testovacím bodě. Tyto údaje a parametry spolu s částečným seznamem potenciálně rušících analogových vysílačů seřazených podle nejvyšší hodnoty rušivého pole jsou uvedeny v tabulkách článku 3.2.

Z takto velkého počtu potenciálně rušících analogových vysílačů/převaděčů jsou následně vybrány vysílače/převaděče skutečně rušící pomocí tlačítka *Redukce*. Princip této redukce je ve vyhodnocení hodnoty rušícího pole ve všech testovacích bodech vysílače, který je rušen. Rušící vysílač/převaděč je vyřazen v případě, jeli-li nejvyšší z těchto hodnot **NF** + **hodnota prahu pro redukci** – **hodnota polarizační diskriminace** menší než intenzita užitečného signálu v tomto bodě.[7]

Hodnota prahu pro redukci spolu s polarizační diskriminací, která představuje útlum rušícího signálu při nestejné polarizaci signálu užitečného a rušícího byla nastavena na hodnotu 10 dB. Údaj *Max. rušících* stanovuje požadovaný maximální počet rušících vysílačů/převaděčů. V našem případě byl stanoven maximální počet na deset, viz obrázek 3.2.

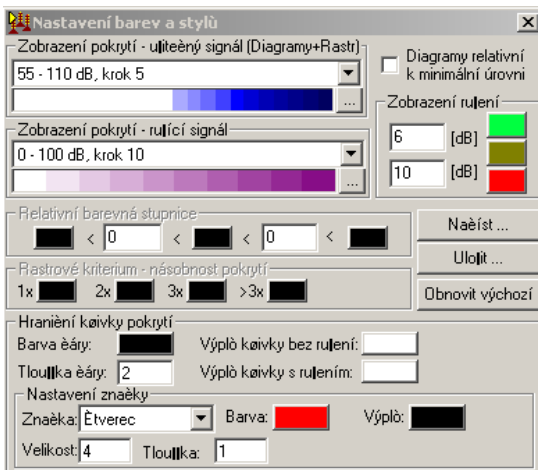


Obr. 3.2: Parametry výpočtu

Výpočet všech diagramů pro užitečný vysílač je možné provést pomocí tlačítka *Vypočítat všechny digramy* v nástrojové liště (►). Nám však bude stačit pouze kompletní přepočet analogové úlohy provedený pomocí tlačítka *Vypočítat celou úlohu Analog* (►). Vyhodnocení celkové úrovně rušení je pak provedeno pro každý bod diagramu užitečného signálu metodou power sum vycházející z dohody Chester 97. Pro výpočet rušení je použito ochranných poměrů vycházejících ze stejné dohody. Rušící vysílače, u kterých je v daném bodě překročena zadaná minimální intenzita rušícího signálu, se započítávají do celkové úrovně rušení. V záložce *Nastavení* byla hodnota minimální intenzity rušícího signálu zvolena na 15 dBµV/m. Pokud je **hodnota užitečného signálu nižší** než vypočtená **úroveň rušení** a zároveň je tato hodnota **vyšší než minimální požadovaná intenzita** (viz článek 2.3), je danému bodu přiřazen atribut „rušeno“.[7]

Výstupem kompletního přepočtu analogové úlohy je pak možnost zobrazení hraničních křivek pokrytí, hraničních křivek s rušením, diagramů pokrytí a digramů pokrytí s rušením na výškopisné nebo rastrové mapě. Výsledné diagramy pokrytí s rušením jsou na obrázcích v článku 3.2.

Nastavení barev a stylů pro zobrazení pokrytí užitečného a rušícího signálu se provádí pomocí tlačítka *otevřít dialog pro definici barev* umístěného v nástrojové liště. V pravém rámečku *Zobrazení rušení* je možné definovat barvy a jim přiřazené hodnoty rozlišující celkem tři úrovně rušení. V našem případě byla zvolena zelená barva pro výskyt rušení odpovídající hodnotě menší než 6 dB. Tmavě zelená až písková barva pak pro výskyt rušení odpovídající hodnotě nacházející se mezi 6 dB až 10 dB a nakonec červená barva odpovídající rušení v hodnotě nad 10 dB.

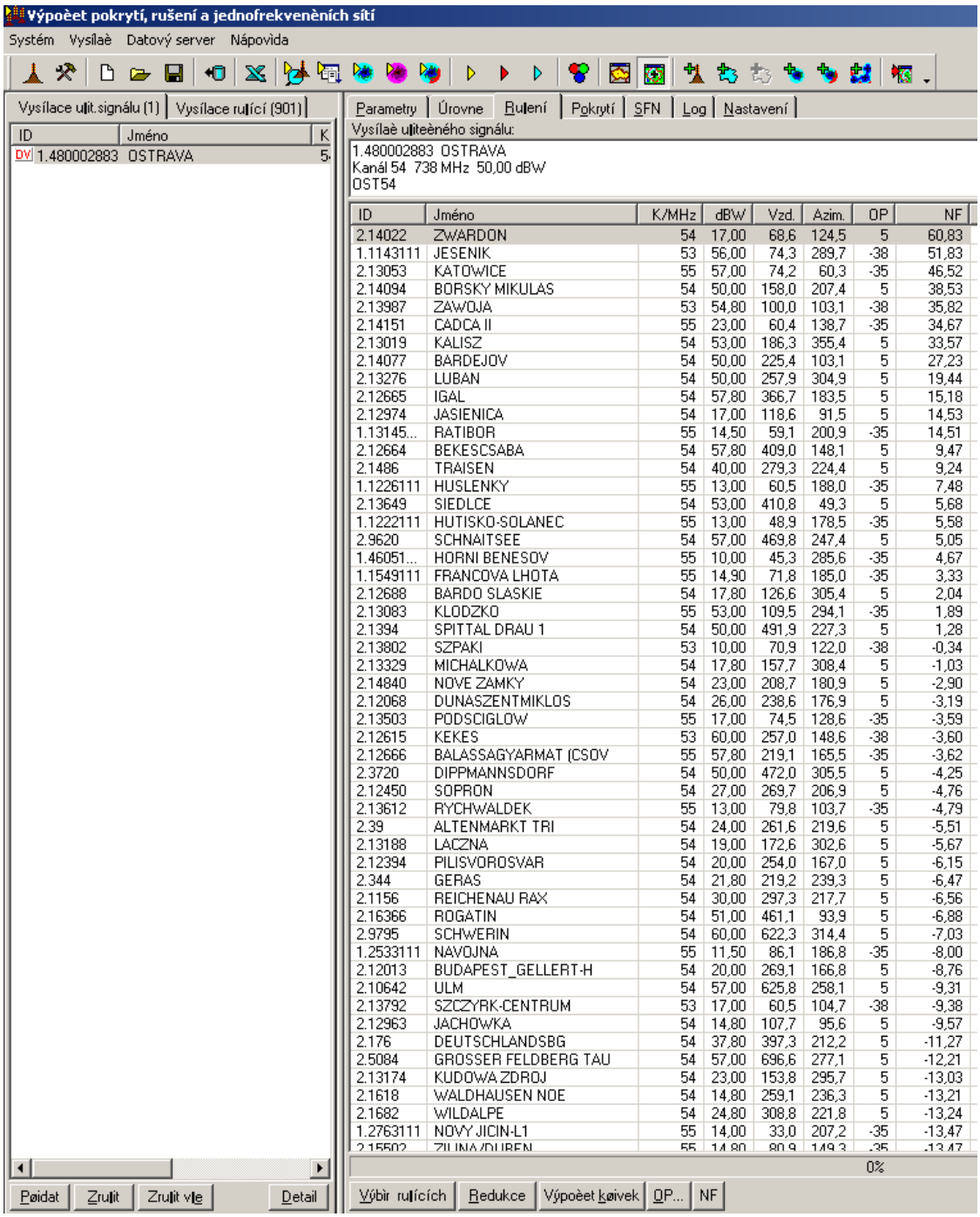


Obr. 3.3: Nastavení barev

3.2 Výsledky výpočtu rušení

Vysílač užitečného signálu:

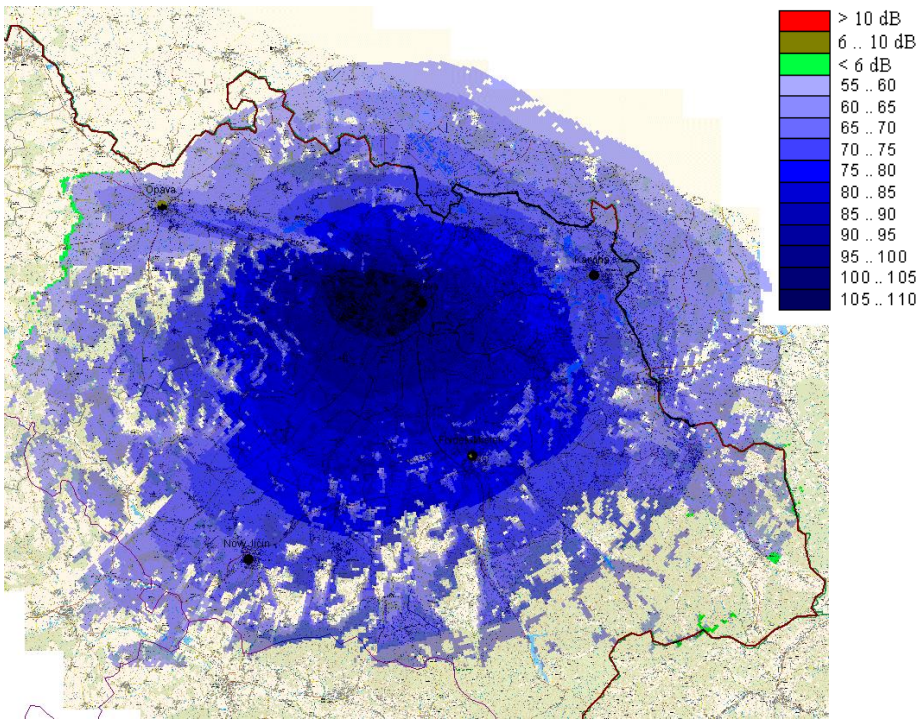
- Ostrava-Hošťálkovice **54k. síť 1** (100kW ERP)



ID	Jméno	K/MHz	dBW	Vzd.	Azim.	OP	NF
2.14022	ZWARDON	54	17,00	68,6	124,5	5	60,83
1.1143111	JESENIK	53	56,00	74,3	289,7	-38	51,83
2.13053	KATOWICE	55	57,00	74,2	60,3	-35	46,52
2.14094	BORSKY MIKULAS	54	50,00	158,0	207,4	5	38,53
2.13987	ZAWOJA	53	54,80	100,0	103,1	-38	35,82
2.14151	CADCA II	55	23,00	60,4	138,7	-35	34,67
2.13019	KALISZ	54	53,00	186,3	355,4	5	33,57
2.14077	BARDEJOV	54	50,00	225,4	103,1	5	27,23
2.13276	LUBAN	54	50,00	257,9	304,9	5	19,44
2.12665	IGAL	54	57,80	366,7	183,5	5	15,18
2.12974	JASIENICA	54	17,00	118,6	91,5	5	14,53
1.13145...	RATIBOR	55	14,50	59,1	200,9	-35	14,51
2.12664	BEKESCSABA	54	57,80	409,0	148,1	5	9,47
2.1486	TRAISEN	54	40,00	279,3	224,4	5	9,24
1.1226111	HUSLENKY	55	13,00	60,5	188,0	-35	7,48
2.13649	SIEDLCE	54	53,00	410,8	49,3	5	5,68
1.1222111	HUTISKO-SOLANEC	55	13,00	48,9	178,5	-35	5,58
2.9620	SCHNAITSEE	54	57,00	469,8	247,4	5	5,05
1.46051...	HORNI BENESOV	55	10,00	45,3	285,6	-35	4,67
1.1549111	FRANCOVA LHOTA	55	14,90	71,8	185,0	-35	3,33
2.12688	BARDO SLASKIE	54	17,80	126,6	305,4	5	2,04
2.13083	KLODZKO	55	53,00	109,5	294,1	-35	1,89
2.1394	SPITTAL DRAU 1	54	50,00	491,9	227,3	5	1,28
2.13802	SZPAKI	53	10,00	70,9	122,0	-38	-0,34
2.13329	MICHALKOWA	54	17,80	157,7	308,4	5	-1,03
2.14840	NOVE ZAMKY	54	23,00	208,7	180,9	5	-2,90
2.12068	DUNASZENTMIKLOS	54	26,00	238,6	176,9	5	-3,19
2.13503	PODSCIGLOW	55	17,00	74,5	128,6	-35	-3,59
2.12615	KEKES	53	60,00	257,0	148,6	-38	-3,60
2.12666	BALASSAGYARMAT (CSOV	55	57,80	219,1	165,5	-35	-3,62
2.3720	DIPPMANNSDORF	54	50,00	472,0	305,5	5	-4,25
2.12450	SOPRON	54	27,00	269,7	206,9	5	-4,76
2.13612	RYCHWALDEK	55	13,00	79,8	103,7	-35	-4,79
2.39	ALTENMARKT TRI	54	24,00	261,6	219,6	5	-5,51
2.13188	LACZNA	54	19,00	172,6	302,6	5	-5,67
2.12394	PILISVOROSVAR	54	20,00	254,0	167,0	5	-6,15
2.344	GERAS	54	21,80	219,2	239,3	5	-6,47
2.1156	REICHENAU RAX	54	30,00	297,3	217,7	5	-6,56
2.16366	ROGATIN	54	51,00	461,1	93,9	5	-6,88
2.9795	SCHWERIN	54	60,00	622,3	314,4	5	-7,03
1.2533111	NAVOJNA	55	11,50	86,1	186,8	-35	-8,00
2.12013	BUDAPEST_GELLERT-H	54	20,00	269,1	166,8	5	-8,76
2.10642	ULM	54	57,00	625,8	258,1	5	-9,31
2.13792	SZCZYRK-CENTRUM	53	17,00	60,5	104,7	-38	-9,38
2.12963	JACHOWKA	54	14,80	107,7	95,6	5	-9,57
2.176	DEUTSCHLANDSBG	54	37,80	397,3	212,2	5	-11,27
2.5084	GROSSER FELDBERG TAU	54	57,00	696,6	277,1	5	-12,21
2.13174	KUDOWA ZDROJ	54	23,00	153,8	295,7	5	-13,03
2.1618	WALDHAUSEN NOE	54	14,80	259,1	236,3	5	-13,21
2.1682	WILDALPE	54	24,80	308,8	221,8	5	-13,24
1.2763111	NOVY JICIN-L1	55	14,00	33,0	207,2	-35	-13,47
2.15502	ZILINA/DUBEN	55	14,80	80,9	149,3	-35	-13,47

Tabulka 3.1: Seznam rušících vysílačů/převaděčů

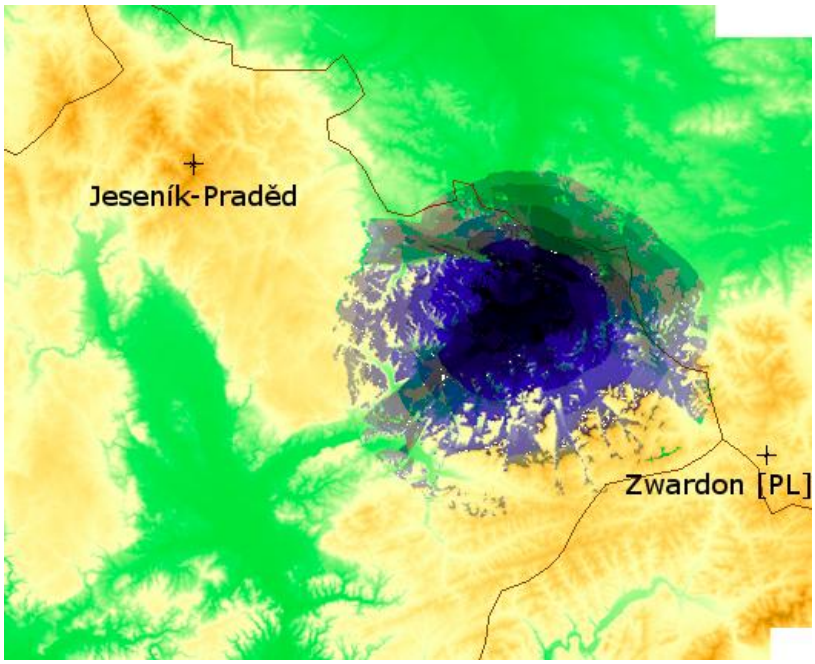
V případě prověřovaného vysílače užitečného signálu Ostrava-Hošťálkovice, zajišťujícího digitální pozemní vysílání veřejnoprávního multiplexu sítě 1 na 54. kanálu bylo celkem načteno 901 potenciálně rušících vysílačů případně převaděčů. Tyto všechny vysílače/převaděče zajišťují v daných oblastech analogové pozemní televizní vysílání na sousedním spodním, sousedním horním nebo na shodném kanálu oproti prověřovanému vysílači užitečného signálu. Po provedené redukci ze seznamu rušících vysílačů/převaděčů uvedených v tabulce 3.1 se jako skutečně rušící vysílače jeví zejména vysílač **Jeseník** a polský vysílač **Zwardon** dosahující nejvyšších hodnot intenzit rušivého pole.



Obr. 3.4: Diagram pokrytí s rušením (M 1:350 000)

Na obrázku 3.4 je zobrazen diagram pokrytí s rušením prověřovaného vysílače Ostrava-Hošťálkovice. Je na něm vidět malá část v severozápadní a jihovýchodní oblasti, (znázorněno zelenou barvou), kde dochází k výskytu rušení digitálního signálu DVB-T. Toto rušení dosahuje nízkých hodnot úrovně rušení odpovídající hodnotám menším než 6 dB. Zdrojem rušivého signálu v severozápadní oblasti je právě vysílač **Jeseník-Praděd**, vysílající analogový signál na 53. kanálu (727,25 MHz). Vysílací výkon tohoto vysílače je **398,11** kW, což představuje hodnotu vyzářeného výkonu ERP rovnu 56 dBW. Jeho ochranný poměr **-38** dB odpovídá právě rušení analogového signálu vysílajícího na sousedním spodním kanálu (53.kanál) oproti prověřovanému vysílači Ostrava-Hoštálkovice. Vzdálenost vysílače Praděd vůči

prověřovanému vysílači je **74,3** km. Možnost rušení je dáno jak hodnotou rušivého pole NF (viz článek 2.3), tak i samotnou polohou a nadmořskou výškou vysílače, která činí 1490 m.n.m. viz obrázek níže.



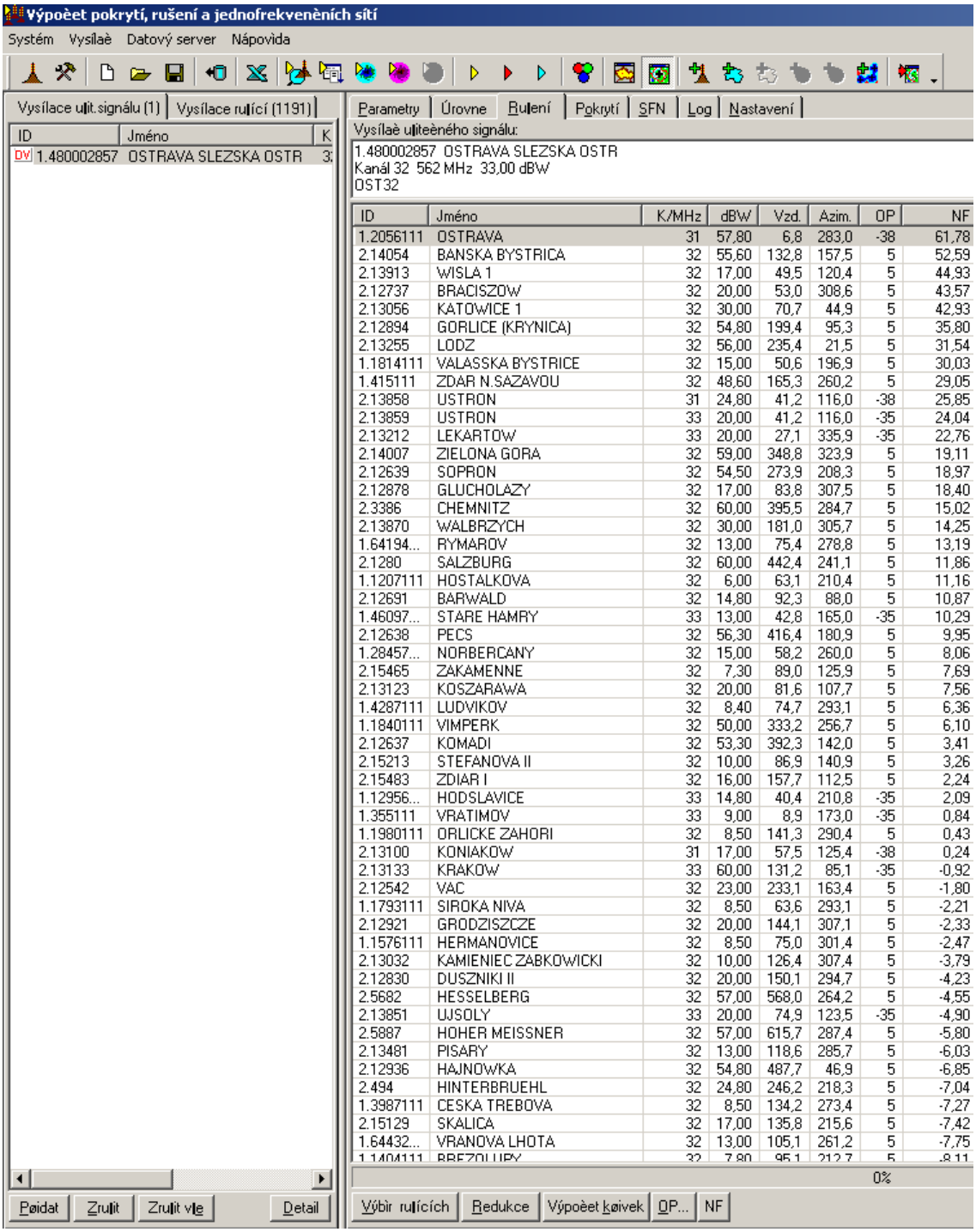
Obr. 3.5: Výškopisná mapa + DTM (M 1:1 000 000)

Praděd jako vysílač velkého výkonu poskytující analogové vysílání programu televize Nova v lokalitě Jeseník bude podle Technického plánu přechodu (TPP) ukončen ke dni 31.10.2011. S tímto termínem tak případný výskyt rušivého signálu v oblasti ustane.

Mnohem zajímavějším z pohledu rušení se však jeví vysílač ze sousedního Polska **Zwardon**, jenž je zdrojem rušivého signálu v oblasti jihovýchodní (viz obrázek 3.4). Vysílá totiž analogový signál na stejném kanálu jako je digitální vysílání užitečného signálu prověřovaného vysílače Ostrava-Hošťálkovice (kanál 54), čemuž odpovídá stanovený ochranný poměr **5** dB. Ačkoliv je hodnota vysílacího výkonu **0,05012** kW (17 dBW ERP) oproti vysílači Praděd o poznání menší, (jedná se o vysílač malého výkonu), hodnota rušivého pole NF dosahuje v porovnání vyšší hodnoty a to 60,83 dBµV/m. Předpokládaná intenzita pole rušícího vysílače E_i by tak měla dosahovat hodnoty 55,83 dBµV/m v nejhorším testovacím bodě. Vzdálenost vůči prověřovanému vysílači užitečného digitálního signálu je **68,6** km a nadmořská výška stanoviště vysílače je 820 m.n.m. (viz obrázek 3.5). Polarizace zmíněných vysílačů Ostrava-Hošťálkovice, Jeseník-Praděd a polského vysílače Zwardon je horizontální. Na základě těchto poznatků byl zvolen za účelem měření kanálového pozadí právě polský vysílač Zwardon.

Vysílač užitečného signálu:

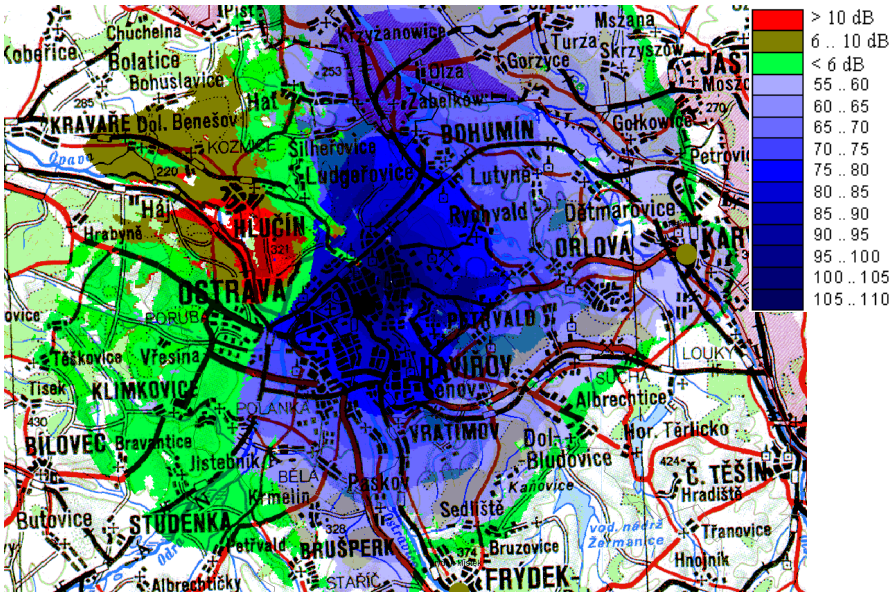
- Ostrava-Slezská Ostrava **32k. síť 3** (2 kW ERP)



ID	Jméno	K/MHz	dBW	Vzd.	Azim.	OP	NF
1.2056111	OSTRAVA	31	57,80	6,8	283,0	-38	61,78
2.14054	BANSKA BYSTRICA	32	55,60	132,8	157,5	5	52,59
2.13913	WISLA 1	32	17,00	49,5	120,4	5	44,93
2.12737	BRACISZOW	32	20,00	53,0	308,6	5	43,57
2.13056	KATOWICE 1	32	30,00	70,7	44,9	5	42,93
2.12894	GORLICE (KRYNICA)	32	54,80	199,4	95,3	5	35,80
2.13255	LODZ	32	56,00	235,4	21,5	5	31,54
1.1814111	VALASSKA BYSTRICE	32	15,00	50,6	196,9	5	30,03
1.415111	ZDAR N.SAZAVOU	32	48,60	165,3	260,2	5	29,05
2.13858	USTRON	31	24,80	41,2	116,0	-38	25,85
2.13859	USTRON	33	20,00	41,2	116,0	-35	24,04
2.13212	LEKARTOW	33	20,00	27,1	335,9	-35	22,76
2.14007	ZIELONA GORA	32	59,00	348,8	323,9	5	19,11
2.12639	SOPRON	32	54,50	273,9	208,3	5	18,97
2.12878	GLUCHOLAZY	32	17,00	83,8	307,5	5	18,40
2.3386	CHEMNITZ	32	60,00	395,5	284,7	5	15,02
2.13870	WALBRZYCH	32	30,00	181,0	305,7	5	14,25
1.64194...	RYMAROV	32	13,00	75,4	278,8	5	13,19
2.1280	SALZBURG	32	60,00	442,4	241,1	5	11,86
1.1207111	HOSTALKOVA	32	6,00	63,1	210,4	5	11,16
2.12691	BARWALD	32	14,80	92,3	88,0	5	10,87
1.46097...	STARE HAMRY	33	13,00	42,8	165,0	-35	10,29
2.12638	PECS	32	56,30	416,4	180,9	5	9,95
1.28457...	NORBERCANY	32	15,00	58,2	260,0	5	8,06
2.15465	ZAKAMENNE	32	7,30	89,0	125,9	5	7,69
2.13123	KOSZARAWA	32	20,00	81,6	107,7	5	7,56
1.4287111	LUDVIKOV	32	8,40	74,7	293,1	5	6,36
1.1840111	VIMPERK	32	50,00	333,2	256,7	5	6,10
2.12637	KOMADI	32	53,30	392,3	142,0	5	3,41
2.15213	STEFANOVA II	32	10,00	86,9	140,9	5	3,26
2.15483	ZDIAR I	32	16,00	157,7	112,5	5	2,24
1.12956...	HODSLAVICE	33	14,80	40,4	210,8	-35	2,09
1.355111	VRATIMOV	33	9,00	8,9	173,0	-35	0,84
1.1980111	ORLICKE ZAHORI	32	8,50	141,3	290,4	5	0,43
2.13100	KONIAKOW	31	17,00	57,5	125,4	-38	0,24
2.13133	KRAKOW	33	60,00	131,2	85,1	-35	-0,92
2.12542	VAC	32	23,00	233,1	163,4	5	-1,80
1.1793111	SIROKA NIVA	32	8,50	63,6	293,1	5	-2,21
2.12921	GRODZISZCZE	32	20,00	144,1	307,1	5	-2,33
1.1576111	HERMANOVICE	32	8,50	75,0	301,4	5	-2,47
2.13032	KAMIENIEC ZABKOWICKI	32	10,00	126,4	307,4	5	-3,79
2.12830	DUSZNIKI II	32	20,00	150,1	294,7	5	-4,23
2.5682	HESSELBERG	32	57,00	568,0	264,2	5	-4,55
2.13851	UJSOLY	33	20,00	74,9	123,5	-35	-4,90
2.5887	HOHER MEISSNER	32	57,00	615,7	287,4	5	-5,80
2.13481	PISARY	32	13,00	118,6	285,7	5	-6,03
2.12936	HAJNOWKA	32	54,80	487,7	46,9	5	-6,85
2.494	HINTERBRUEHL	32	24,80	246,2	218,3	5	-7,04
1.3987111	CESKA TREBOVA	32	8,50	134,2	273,4	5	-7,27
2.15129	SKALICA	32	17,00	135,8	215,6	5	-7,42
1.64432...	VRANOVA LHOTA	32	13,00	105,1	261,2	5	-7,75
1.1404111	BREZOLUPY	32	7,80	95,1	212,7	5	-8,11

Tabulka 3.2: Seznam rušících vysílačů/převaděčů

Dalším prověřovaným vysílačem užitečného signálu je Ostrava-Hladnov, zajišťující digitální pozemní vysílání multiplexu sítě 3 na 32. kanálu. Pro tento vysílač bylo celkem načteno 1191 potenciálně rušících vysílačů/převaděčů zajišťujících v daných oblastech analogové pozemní televizní vysílání na sousedním spodním, sousedním horním nebo na shodném kanálu oproti prověřovanému vysílači. Po provedené redukci ze seznamu rušících vysílačů/převaděčů uvedených v tabulce 3.2 se jako skutečně rušící vysílač jeví pouze vysílač Ostrava-Hošťálkovice dosahující nejvyšší hodnoty intenzity rušivého pole. To se zdá být logické vzhledem k tomu, že se jedná o vysílač vzdálený pouze **6,8** km od prověřovaného vysílače užitečného signálu Ostrava-Hladnov. Navíc se jedná o vysílač velkého výkonu, jehož hodnota vyzářeného výkonu ERP je **602,56** kW. Na obrázku 3.4 je detailněji zobrazen diagram pokrytí s rušením prověřovaného vysílače Ostrava-Hladnov.



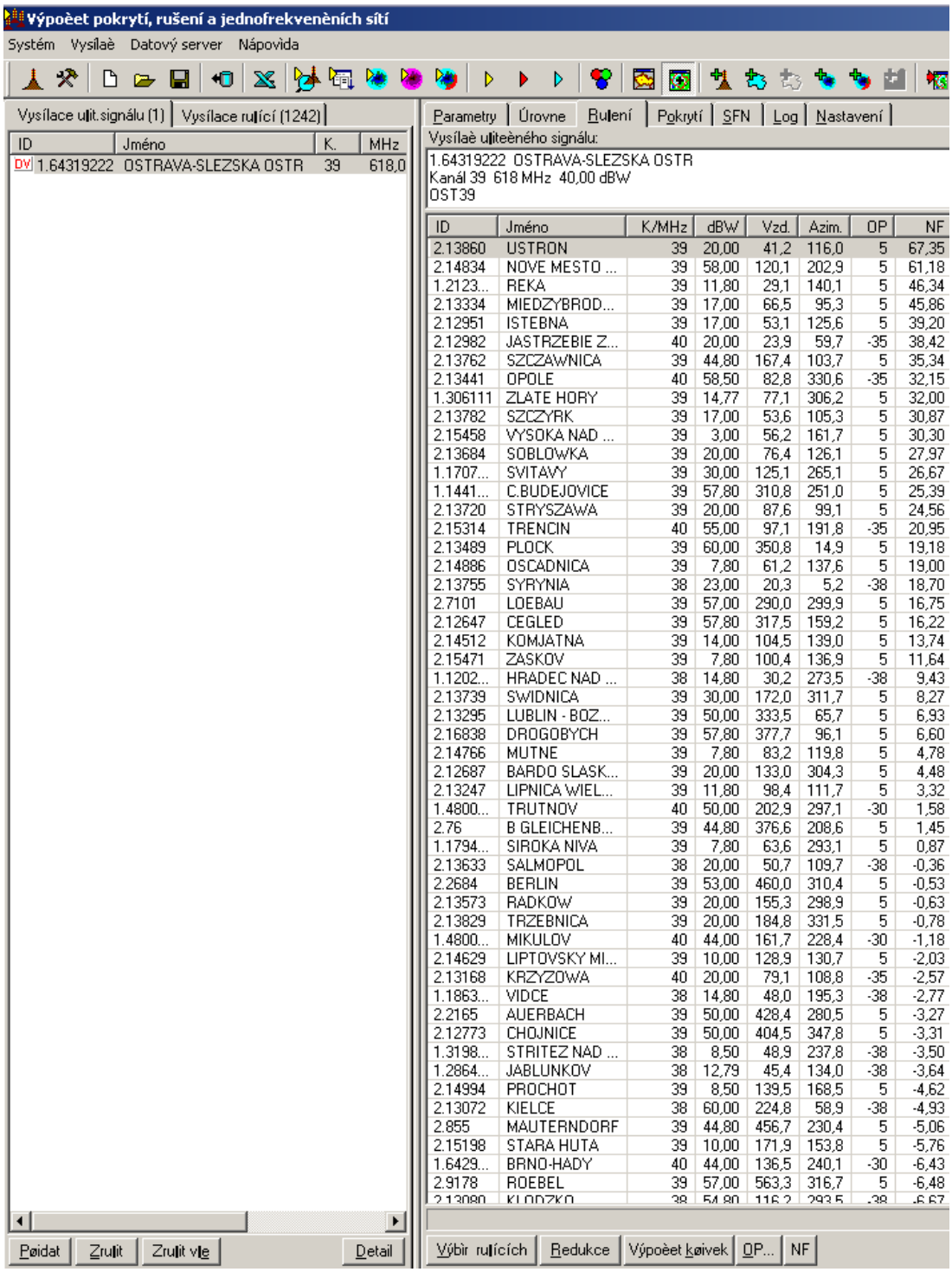
Obr. 3.6: Diagram pokrytí s rušením (M 1:150 000)

Je na něm vidět zvýšená intenzita rušení v severozápadní oblasti, zasahující až po okraj města Hlučín, (znázorněno červenou barvou), kde úroveň rušení přesahuje hodnotu **10** dB. V oblasti Klimkovic a příměstské části **Ostrava-Poruba**, kde mimo jiné bude probíhat měření kanálového pozadí, je výskyt rušení DVB-T signálu odpovídající hodnotám nižším, než **6** dB. Ochranný poměr -38 dB odpovídá vysílání na sousedním spodním kanálu oproti prověřovanému vysílači. Předpokládaná intenzita pole rušícího vysílače E_i je tak 99,78 dBµV/m. Termín vypnutí analogového vysílače Ostrava-Hošťálkovice poskytující v oblasti program Čt1[3] je podle TPP stanoven na listopad 2011. S tímto datem by tak případný výskyt rušení měl ustat.

[3] Čt 1 – Česká televize

Vysílač užitečného signálu:

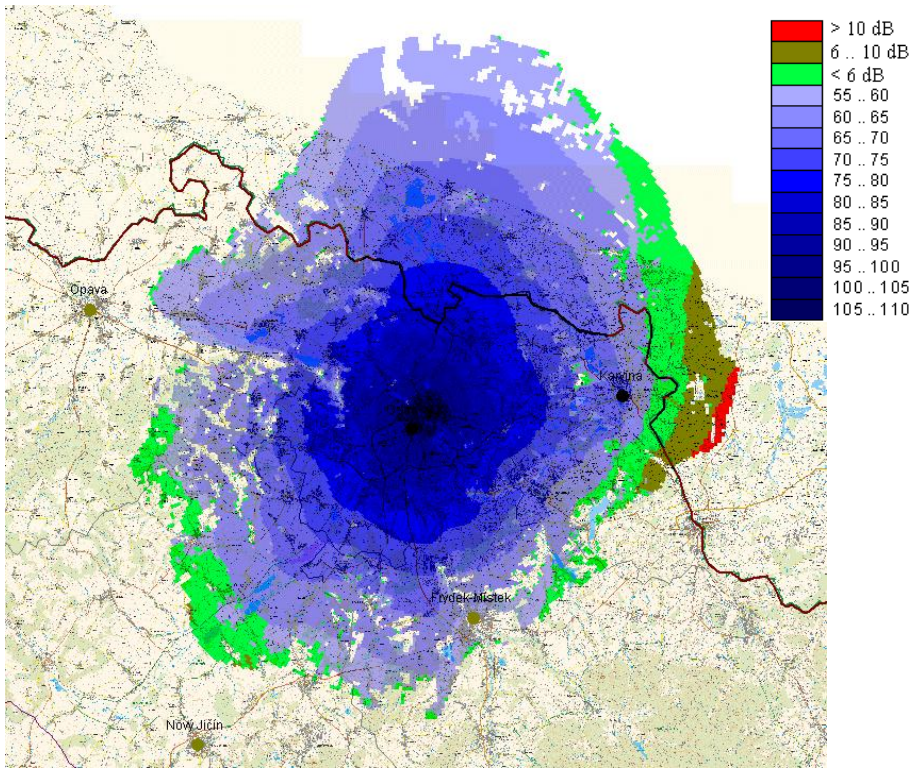
- Ostrava-Slezská Ostrava **39k. síť 2** (10 kW ERP)



ID	Jméno	K./MHz	dBW	Vzd.	Azim.	OP	NF
2.13860	USTRON	39	20,00	41,2	116,0	5	67,35
2.14834	NOVE MESTO ...	39	58,00	120,1	202,9	5	61,18
1.2123...	REKA	39	11,80	29,1	140,1	5	46,34
2.13334	MIEDZYBROD...	39	17,00	66,5	95,3	5	45,86
2.12951	ISTEBNA	39	17,00	53,1	125,6	5	39,20
2.12982	JASTRZEBIE Z...	40	20,00	23,9	59,7	-35	38,42
2.13762	SZCZAWNICA	39	44,80	167,4	103,7	5	35,34
2.13441	OPOLE	40	58,50	82,8	330,6	-35	32,15
1.306111	ZLATE HORY	39	14,77	77,1	306,2	5	32,00
2.13782	SZCZYRK	39	17,00	53,6	105,3	5	30,87
2.15458	VYSOKA NAD ...	39	3,00	56,2	161,7	5	30,30
2.13684	SOBLOWKA	39	20,00	76,4	126,1	5	27,97
1.1707...	SVITAVY	39	30,00	125,1	265,1	5	26,67
1.1441...	C.BUDEJOVICE	39	57,80	310,8	251,0	5	25,39
2.13720	STRYSZAWA	39	20,00	87,6	99,1	5	24,56
2.15314	TRENCIN	40	55,00	97,1	191,8	-35	20,95
2.13489	PLOCK	39	60,00	350,8	14,9	5	19,18
2.14886	OSCADNICA	39	7,80	61,2	137,6	5	19,00
2.13755	SYRYNIA	38	23,00	20,3	5,2	-38	18,70
2.7101	LOEBAU	39	57,00	290,0	299,9	5	16,75
2.12647	CEGLED	39	57,80	317,5	159,2	5	16,22
2.14512	KOMJATNA	39	14,00	104,5	139,0	5	13,74
2.15471	ZASKOV	39	7,80	100,4	136,9	5	11,64
1.1202...	HRADEC NAD ...	38	14,80	30,2	273,5	-38	9,43
2.13739	SWIDNICA	39	30,00	172,0	311,7	5	8,27
2.13295	LUBLIN - BOZ...	39	50,00	333,5	65,7	5	6,93
2.16838	DROGOBYCH	39	57,80	377,7	96,1	5	6,60
2.14766	MUTNE	39	7,80	83,2	119,8	5	4,78
2.12687	BARDO SLASK...	39	20,00	133,0	304,3	5	4,48
2.13247	LIPNICA WIEL...	39	11,80	98,4	111,7	5	3,32
1.4800...	TRUTNOV	40	50,00	202,9	297,1	-30	1,58
2.76	B GLEICHENB...	39	44,80	376,6	208,6	5	1,45
1.1794...	SIROKA NIVA	39	7,80	63,6	293,1	5	0,87
2.13633	SALMOPOL	38	20,00	50,7	109,7	-38	-0,36
2.2684	BERLIN	39	53,00	460,0	310,4	5	-0,53
2.13573	RADKOW	39	20,00	155,3	298,9	5	-0,63
2.13829	TRZEBNICA	39	20,00	184,8	331,5	5	-0,78
1.4800...	MIKULOV	40	44,00	161,7	228,4	-30	-1,18
2.14629	LIPTOVSKY MI...	39	10,00	128,9	130,7	5	-2,03
2.13168	KRZYZOWA	40	20,00	79,1	108,8	-35	-2,57
1.1863...	VIDCE	38	14,80	48,0	195,3	-38	-2,77
2.2165	AUERBACH	39	50,00	428,4	280,5	5	-3,27
2.12773	CHOJNICE	39	50,00	404,5	347,8	5	-3,31
1.3198...	STRITEZ NAD ...	38	8,50	48,9	237,8	-38	-3,50
1.2864...	JABLUNKOV	38	12,79	45,4	134,0	-38	-3,64
2.14994	PROCHOT	39	8,50	139,5	168,5	5	-4,62
2.13072	KIELCE	38	60,00	224,8	58,9	-38	-4,93
2.855	MAUTERNDORF	39	44,80	456,7	230,4	5	-5,06
2.15198	STARA HUTA	39	10,00	171,9	153,8	5	-5,76
1.6429...	BRNO-HADY	40	44,00	136,5	240,1	-30	-6,43
2.9178	ROEBEL	39	57,00	563,3	316,7	5	-6,48
2.13080	KLODZKO	38	54,80	116,2	293,5	-38	-6,67

Tabulka 3.3: Seznam rušících vysílačů/převaděčů

Posledním z prověřovaných vysílačů digitálního užitečného signálu je vysílač Ostrava-Hladnov, zajišťující DVB-T vysílání multiplexu sítě 2 na 39. kanálu. Tabulka 3.3 zobrazuje jen část seznamu z celkového počtu 1242 načtených potenciálně rušících vysílačů/převaděčů, které splňují frekvenční podmínku vůči prověřovanému vysílači. Po provedené redukci ze seznamu rušících vysílačů/převaděčů se jako skutečně rušící jeví zejména polský převaděč Ustroń- góra Czantoria spolu se slovenským vysílačem Nové Mesto nad Váhom-Veľká Javorina. Polský převaděč spolu se slovenským vysílačem dosahují rovněž nejvyšších hodnot intenzit rušivého pole. Odpovídající digram pokrytí s rušením prověřovaného vysílače Ostrava-Hladnov je na obrázku 3.7.



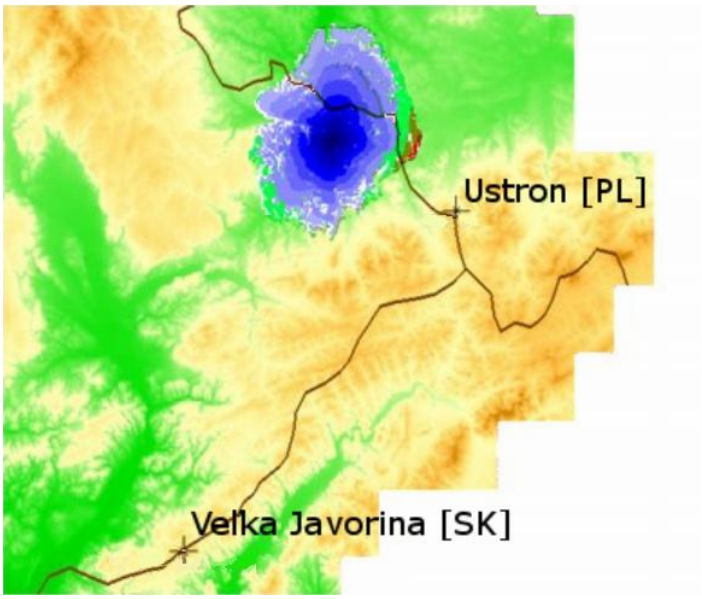
Obr. 3.7: Diagram pokrytí s rušením (M 1:350 000)

Je zde vidět zvýšené rušení vyskytující se v západní příhraniční oblasti s Polskem odpovídající intenzitě rušení větší jak **10** dB. Rušení s intenzitou menší jak **6** dB zasahuje rovněž i okraj města Karviná. Zdrojem rušení v této oblasti je právě zmiňovaný polský převaděč Ustroń, jenž funguje v podstatě jako kmitočtový konvertor, který přijímá signál základního vysílače a převádí jej na jiný kanál. Slouží tak k dokrytí nepokryté oblasti signálem. Tento „dokrývač“ o výkonu **0,1** kW ERP, distribuující analogové televizní vysílání programu TVP 2[4] je ve

[4] TVP 2 -Telewizja Polska

vzdálenosti **41** km od prověřovaného vysílače užitečného signálu (viz obrázek 3.8). Ochranný poměr **5** dB odpovídá vysílání na shodném rádiovém kanálu. Předpokládaná intenzita pole rušícího vysílače E_i je tak 62,35 dBµV/m.

Na předchozím obrázku 3.7 je vidět rovněž výskyt rušení v jihovýchodní oblasti, kde intenzita rušení menší než 6 dB zasahuje i část města Studénka a jeho okolí. Zdrojem tohoto rušení z jižní strany České republiky je pro změnu slovenský vysílač Veľká Javorina vzdálený **120,1** km od prověřovaného vysílače. Stanoviště tohoto vysílače se nachází v nadmořské výšce 900 m.n.m (viz obrázek 3.8). Jedná se o vysílač velkého výkonu (**630,96** kW ERP), poskytující analogové televizní vysílání slovenského programu STV 2 na 39. kanálu. Vysílání na stejném kanálu vůči prověřovanému vysílači užitečného signálu DVB-T tak odpovídá stanovenému ochrannému poměru **5** dB. V nejhorším testovacím bodě je předpokládaná intenzita pole rušícího vysílače 56,18 dBµV/m.



Obr. 3.8: Výškopisná mapa + DTM (M 1:1500 000)

Polarizace je v obou případech označených zdrojů rušení horizontální. Na základě těchto poznatků, vyplývajících z výsledků analýz a výpočtů rušení pomocí výpočetního systému sítě SFN bylo rozhodnuto provést praktické měření kanálového pozadí v rámci polského převaděče Ustroń a slovenského vysílače Veľká Javorina.

Podrobné mapy simulací v podobě grafických výstupů prověřovaných vysílačů jsou uvedeny v **příloze B**. V **elektronické příloze III** pak přikládám zdrojové soubory výpočtu.

4 Vlastní měření KP IV. a V. televizního pásma

Obecně platí, že přenos rádiových vln je ovlivňován mnoha proměnnými. Na přenos signálu mají vliv aspekty jako například atmosférická vlhkost, proud částic ze Slunce (tzv. sluneční vítr) a denní doba. Měření kanálového pozadí tak bude prováděno kontinuálně po dobu 24 hodin.

4.1 Způsob měření a použité přístroje

Měřící souprava použitá pro měření intenzity elektromagnetického pole v rámci našeho měření kanálového pozadí je tvořena měřícím přístrojem v podobě spektrálního analyzátoru, koaxiálním kabelem s charakteristickou impedancí 75 Ω, přizpůsobenou měřící anténě a měřícímu přístroji, a samotnou měřící anténou se známým anténním faktorem. Minimální požadavky na technické vlastnosti měřící soupravy použité pro měření analogového a digitálního televizního vysílání stanovuje vyhláška č.163/2008 Sb.[2]

Měřícím bodem, kde probíhalo kontinuální měření intenzity elektromagnetického pole, bylo zvoleno místo na střeše budovy N. Tato budova se nachází v areálu VŠB-TU Ostrava v příměstské části Ostrava-Poruba a slouží jako pracoviště Katedry telekomunikační techniky. Jedná se o sedmipatrovou budovu, na jejíž střeše byla umístěna měřící anténa. Měřící bod je určen zeměpisnými souřadnicemi v soustavě Světového geodetického referenčního systému 1984 (WGS84) viz obrázek níže.

Obr. 4.1: Uvažovaný měřící bod

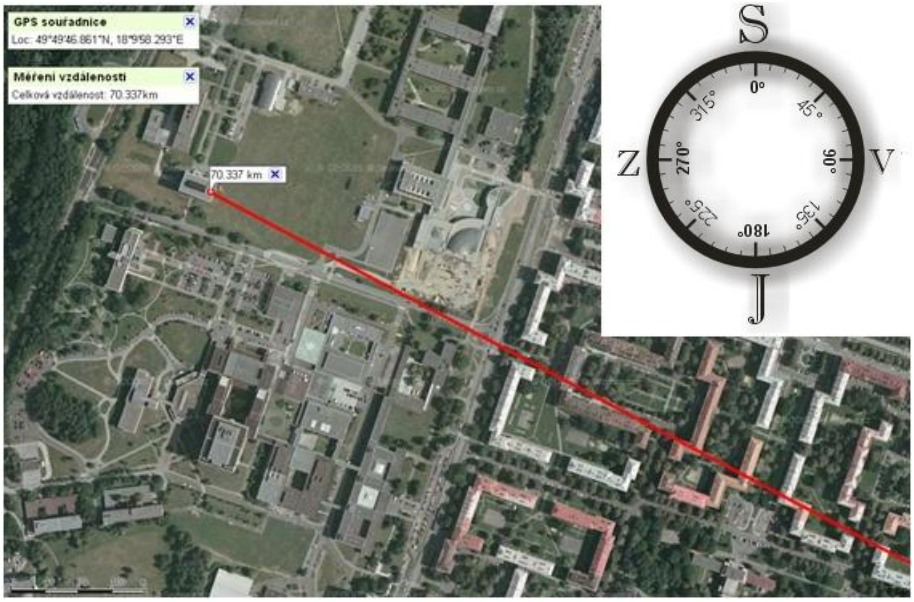
Měřící stanoviště, kde byl uložen spektrální analyzátor po čas měření, se nacházelo ve výtahové strojovně budovy. Obrázek 4.2 deklaruje měřící stanoviště spolu s použitým měřícím přístrojem SEFRAM 7865 zapůjčeným společností TR instruments s.r.o. Tato společnost je dodavatelem měřících přístrojů a měřící techniky v České republice.

Obr. 4.2: Měřící stanoviště

Na obrázku 4.3 je vidět použitá přijímací anténa natočená ve směru prověřovaného vysílače užitečného signálu Ostrava-Hošťálkovice. Tato směrová anténa byla na střeše budovy N přichycena a následně ukotvena pomocí anténního stativu ve výšce 1,5 m. Více o použité anténě je možné se dočíst v následujících článcích.

Obr. 4.3: Měřící stanoviště

Na základě výpočtů rušení analogových vysílačů vůči prověřovaným vysílačům užitečného signálu DVB-T byly voleny úhly natočení antény do požadovaného směru měřeného vysílače. K tomu nám sloužil orientovaný úhel neboli azimut uváděný v údajích vysílačů. Na obrázku 4.4 je uveden příklad určení směru polského vysílače Zwardon vzdáleného 70,337 km od měřícího bodu s vyznačenou hodnotou azimutu 124,5°.



Obr. 4.4: Směr vysílače Zwardon

Podrobné mapy s vyznačením směrů, vzdáleností a hodnotami azimutu i pro ostatní měřené vysílače jsou uvedeny v **elektronické příloze IV**.

4.1.1 Kalibrace koaxiálního kabelu

Měření je prováděno na střeše budovy N, tudíž bude potřeba delšího koaxiálního kabelu. To sebou samozřejmě nese i větší útlum v závislosti na délce kabelu a měřené frekvenci. Použitý koaxiální kabel je v našem případě délky **15 m**. Vezmeme-li ještě v úvahu vzniklý útlum na konektorech je nutné tento kabel pro naše měření kalibrovat. K tomuto měření je potřeba generátor signálu, výkonový senzor a měřič úrovně viz obrázek 4.5. Diodový výkonový senzor je možné použít maximálně do 500 mW výkonu, což po přepočtu odpovídá maximální nastavené úrovni výkonu signálu na generátoru 26,99 dBm. Měřící souprava byla nejdříve změřena napřímo, přičemž byla zjištěna odchylka 0,2 dBm v nastavené výkonové úrovni na generátoru a detekované úrovni na měřiči úrovně. Jako referenční hodnota výkonu byla zvolena úroveň odpovídající **10 dBm** ve všech případech měřeného kmitočtu. Tomu odpovídá úroveň 10,2 dBm nastavená pomocí tlačítka **Level** na generátoru.

Pomocí tlačítka **RF** a číselnice je možné nastavit požadovaný kmitočet na generátoru. Naměřené hodnoty a výsledné hodnoty útlumu měřeného koaxiálního kabelu s konektory pro jednotlivé kmitočty vybraných vysílačů jsou uvedeny v tabulce 4.1.

Obr. 4.5: Měřící souprava

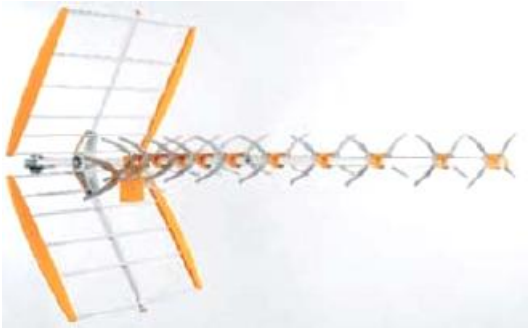
Výsledné hodnoty útlumu koaxiálního kabelu jsou dány jako rozdíl mezi referenční (nastavenou) hodnotou výkonu a detekovanou hodnotou výkonu na měřiči úrovně. Tyto pak budou použity pro kalibraci antény proti půlvlnnému dipólu a pro přepočet hodnot napěťových úrovní na hodnoty intenzity elektrického pole.

Vysílač	Kmitočet [MHz]	Referenční hodnota výkonu [dBm]	Měřič úrovně [dBm]	Výsledná hodnota útlumu [dB]
Ostrava Hošťálkovice	738	10	0,51	9,49
Zwardon (Polsko)	735,25	10	1,1	8,9
Jeseník Praděd	727,25	10	1,21	8,79
Ostrava Hladnov	618	10	3,16	6,84
Ustroń (Polsko)	615,25	10	3,35	6,65
Veľká Javorina (Slovensko)	615,25	10	3,35	6,65
Ostrava Hladnov	562	10	2,62	7,38
Ostrava Hošťálkovice	551,25	10	3,15	6,85

Tabulka 4.1: Naměřené hodnoty koaxiálního kabelu

Pro měření kanálového pozadí v oblasti televizního vysílání je jako přijímací anténa použita **pásmová Yagi anténa** pokrývající celé UHF pásmo. Z důvodu vysokého zisku a směrovosti se

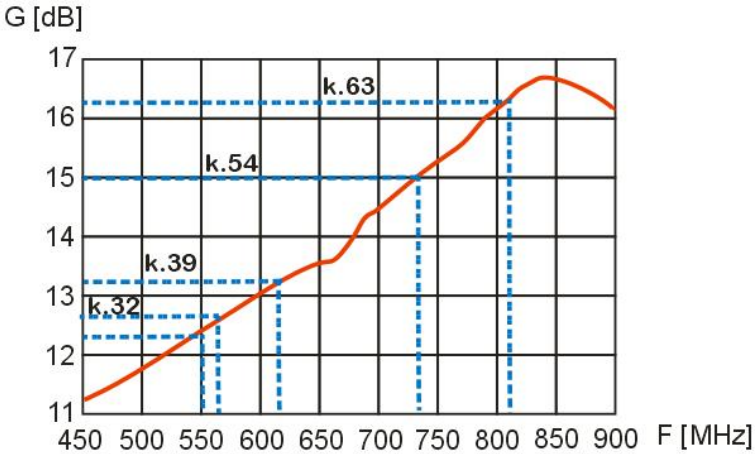
tyto antény osvědčili jak při příjmu analogového televizního vysílání, tak i jako dobrá alternativa pro příjem DVB-T signálu. Používaly se s úspěchy i pro dálkový příjem. Zisk těchto antén bývá na začátku pásma přibližně o 30% nižší, než na jeho konci. Anténa má úhlový sítový reflektor, a direktory ve tvaru „motýlků“ viz obrázek 4.6.



Obr. 4.6: Přijímací anténa Yagi

Pro měření/příjem v oblasti televizního vysílání přijímací směrovou anténou jsou podle **vyhlášky č.163/2008 Sb**. stanoveny minimální zisky antén. Ve **IV. televizním pásmu** (tj. 470 – 582 MHz) je hodnota minimálního zisku antény stanovena na **10 dB**. Pro **V. televizní pásmo** (tj. 582 – 862 MHz) je minimální hodnota zisku **12 dB**.[2]

Na obrázku 4.7 je znázorněn průběh hodnot zisku použité pásmové antény Yagi deklarovaný výrobcem v závislosti na frekvenční oblasti odpovídajícího kanálu.



Obr. 4.7: Průběh zisku přijímací antény

Hodnoty zisku jsou tak v souladu se zněním výše uvedené vyhlášky. Časté užívání antény může vést například k deformaci direktorů a tím i rozlišných hodnot zisků od zisků udávaných výrobcem. Proto je nutné před samotným měřením anténu kalibrovat.

4.1.2 Kalibrace antény

Pro kalibraci antény byla zvolena **metoda substituční**, která spočívá v tom, že se nejprve změří neznámá anténa, která se poté vymění za referenční anténu se známým ziskem. V našem případě bude referenční anténu představovat dipól. Půlvlnný dipól je základ pro převážnou většinu antén. Jeho základní vlastností je délka rovna polovině vlnové délky a zisk 0 dBd. K tomuto účelu jsou k dispozici použity otevřené půlvlnné dipóly odpovídající svým charakteristikám a rozměrům frekvenčním oblastem kanálu 39 a 54.

Měřená anténa spolu s její nosnou konstrukcí je umístěna do měřícího prostoru, kde je ovlivňována dopadem rovinné elektromagnetické vlny stejné polarizace (horizontální). Výkon, který dopadne na anténu je porovnán s výkonem, který dopadne na substituční referenční anténu. Referenční anténa je přitom substitučně umístěna (vyměněna) do stejného místa jako neznámá měřená anténa. Pokud to podmínky dovolují, je třeba, aby referenční i neznámá anténa měly při měřeních a substituci fázové středy ve stejné poloze. Úroveň signálu je měřena pomocí spektrálního analyzátoru SEFRAM 7865, jenž slouží jako měřič úrovně. Útlumy pro jednotlivé měřené frekvence použitého koaxiálního kabelu mezi neznámou anténou (Yagi) a měřičem úrovně jsou uvedeny v tabulce 4.1. Pro neznámou anténu (Yagi) byla na 54. kanálu, odpovídající frekvenční poloze 738MHz v oblasti DVB-T, naměřena hodnota napěťové úrovně 60 dBµV.

U referenční antény (dipól) je změřená hodnota napěťové úrovně 55 dBµV. Celkový zisk antény pak vypočteme následovně:

$$G_{celk} = U_{yagi} - U_{ref} + a_k \qquad [dB; dB\mu V, dB\mu V, dB] \qquad (4.1)$$

kde: a_k je útlum koaxiálního kabelu a_{k54} = 9,49 dB, a_{k39}= 6,84 dB

Celkový **zisk** antény pro frekvenční oblast **kanálu 54** tak činí **14,49 dB**, což je o 0,51 dB méně než uvádí výrobce (viz obrázek 4.7). Stejným způsobem se postupuje i v případě kalibrace obou antén na kanálu 39, kdy napěťová úroveň neznámé antény (Yagi) dosahovala hodnoty 39,5 dBµV a antény referenční (dipól) 33 dBµV. Podle výše uvedeného vzorce je pak celkový **zisk** antény pro frekvenční oblast **kanálu 39** roven hodnotě **13,34 dBµV**.

Kalibrací antény proti půlvlnnému dipólu a z výsledných průběhů závislosti zisku na frekvenci dané výrobcem byly zjištěny parametry uvedené v tabulce 4.2.

kanál	G [dB]
31	12,3
32	12,6
39	13,34
54	14,5

Tabulka 4.2: Zisk antény

Pokud bychom uvažovali zisk antény v porovnání s izotropní anténou, udávaný v jednotkách dBi, pak by uváděné hodnoty zisku v tabulce 4.2 byly vyšší o 2,16 dB.

Jedním z dalších parametrů, který je potřeba znát je **anténní faktor (AF)**. Tento faktor určuje převod mezi intenzitou elektrického pole E [V/m] a svorkovým napětím na anténě, kterou případné rušivé vyzařování měříme. Pro jednotlivé kanály je dán vztahem:

$$AF = \sqrt{\frac{480p^2}{Zl^2G}} \qquad [m^{-1}; -,\Omega,m,dB] \qquad (4.2)$$

, kde: Z je impedance antény Z = 75 Ω

λ je vlnová délka λ_{31} = 0,5442 m, λ_{32} = 0,5338 m, λ_{39} = 0,4854 m, λ_{54} = 0,4065 m

G je zisk antény (viz tabulka 4.2)

Vypočtené hodnoty anténního faktoru pro jednotlivé kanály jsou:

AF_{31} = 4,16 m^{-1}

AF_{32} = 4,19 m^{-1}

AF_{39} = 4,47 m^{-1}

AF_{54} = 5,13 m^{-1}

Jelikož měřením na spektrálním analyzátoru SEFRAM 7865 získáme pouze hodnoty napěťových úrovní v jednotkách dBµV a ne hodnoty intenzity elektrického pole udávané v jednotkách dBµV/m, použijeme následující vztah pro přepočet:

$$E_{dB\mu V/m} = U_{dB\mu V} + AF + a_k \qquad [dB\mu V/m;\ dB\mu V, m^{-1}, dB] \qquad (4.3)$$

, kde: $U_{dB\mu V}$ je napěťová úroveň

AF je anténní faktor

a_k je útlum koaxiálního kabelu (viz tabulka 4.1)

Výsledné vztahy pro výpočet intenzity elektrického pole vůči měřeným kanálům jsou následující:

ATV: $E_{dB\mu V/m\_31} = U_{dB\mu V} + 11{,}01$

$E_{dB\mu V/m\_39} = U_{dB\mu V} + 11{,}12$

$E_{dB\mu V/m\_54} = U_{dB\mu V} + 14{,}03$

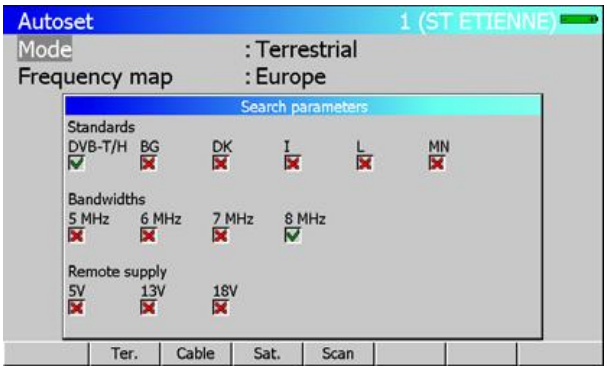
DVB-T: $E_{dB\mu V/m\_32} = U_{dB\mu V} + 11{,}57$

$E_{dB\mu V/m\_39} = U_{dB\mu V} + 11{,}31$

$E_{dB\mu V/m\_54} = U_{dB\mu V} + 14{,}36$

4.3 Nastavení parametrů měřícího přístroje

Nastavení základních parametrů měřícího přístroje, stanovených na základě vyhlášky č.163/2008 Sb. pro oblast měření analogového a digitálního televizního vysílání je uvedeno v **elektronické příloze V**. V našem případě se tyto parametry při použití spektrálního analyzátoru SEFRAM 7865 nastavily automaticky při zvoleném módu *Terrestrial* a následnou funkcí *DVB-T/H* nebo *Analog*. Režim *Terrestrial* umožňuje automatické vyhledávání kmitočtových pásem určených pro pozemní televizní vysílání. Nastavení parametrů měření spolu se zvoleným standardem a šířkou rádiového kanálu je vidět na obrázku 4.8.



Obr. 4.8: Nastavené parametry měření

Při přepnutí na funkci *Analog* za účelem měření analogového televizního vysílače bylo možné ve spodní liště dotykového displeje zvolit z nabízených norem kmitočtu zvuku. Bylo tedy zvoleno označení *DK* odpovídající normě CCIR K používané v České republice. (viz článek 2.1.) V našem případě pro měření kanálového pozadí bylo nastaveno kontinuální měření po dobu 24 hodin. Naměřená data bylo možné uložit nebo načíst pomocí tlačítka *Save*/*Recall*. Tyto pak byly exportovány přes USB rozhraní stiskem tlačítka *_USB* na dotykovém displeji v hlavní nabídce *Configuration*/*Memories*/*Level*.

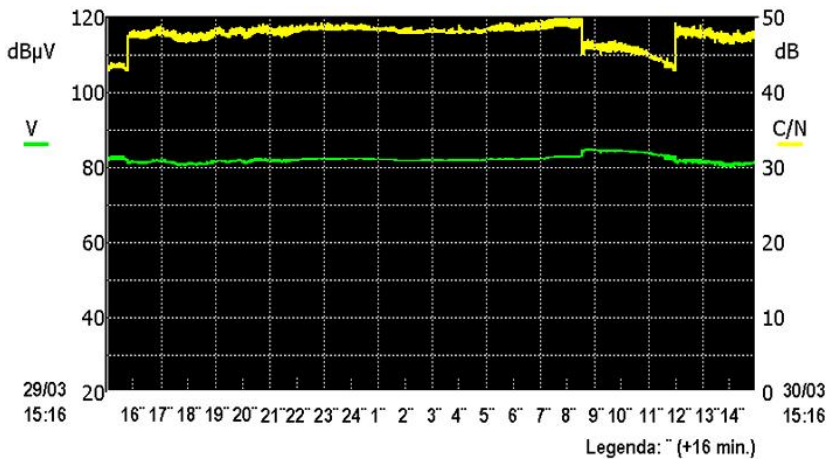
Více o možnostech a způsobu měření pomocí měřícího přístroje SEFRAM 7865 je uvedeno v manuálu, který přikládám v **elektronické příloze VI**.

5 Analýza a rozbor rušících signálů

V této části diplomové práce jsou uvedeny naměřené hodnoty v rámci praktického měření kanálového pozadí prověřovaných vysílačů užitečného signálu DVB-T a rušících vysílačů ATV, vybraných na základě výpočtů a analýz rušení v systému SFN sítě (viz článek 3.2). Naměřené hodnoty jednotlivých vysílačů vztažené k měřícímu bodu jsou následně porovnány a vyhodnoceny s výsledky simulací v Radiolabu a s výpočtem kanálového pozadí v programu BAnalyzer.

5.1 Vyhodnocení naměřených dat kanálového pozadí

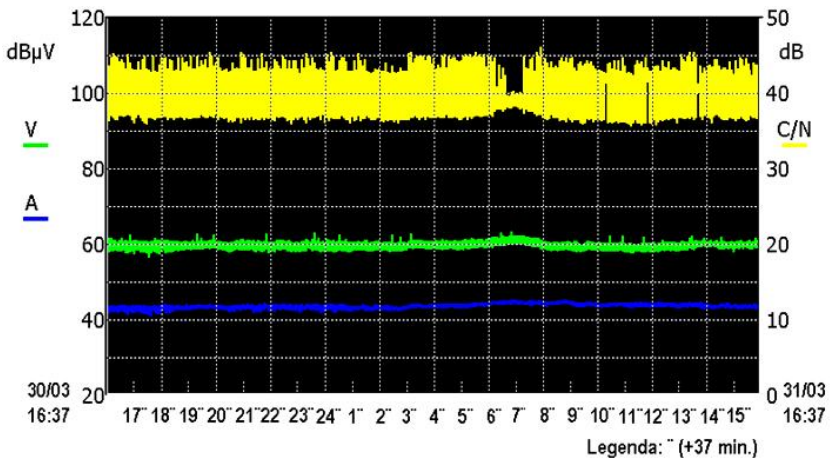
OSTRAVA - Hošťálkovice (54. kanál): Na obrázku 5.1 je zobrazen průběh měření hodnot napěťové úrovně (V) a odstupu nosné od šumu (C/N), probíhající kontinuálně po dobu 24 hodin. Pod pojmem šum je možné si představit nežádoucí signál, který se vyskytuje „na pozadí“ přijímaného signálu. Obvykle je tvořen součtem jednotlivých šumových příspěvků v podobě průmyslového rušení a ostatních přírodních zdrojů (šum atmosférický, kosmický, termický). Atmosférické poruchy a jiná rušení, díky nimž pak narůstá celkový šum, (což vede k poklesu poměru C/N), mají vliv na kvalitu příjmu (viz naměřené hodnoty). Nás však v rámci kanálového pozadí bude zajímat spíše hodnota napěťové úrovně, jenž dosahovala průměrné hodnoty 83 dBµV. Po převedení hodnoty napěťové úrovně pomocí vzorce (4.3), (viz článek 4.1.2), je výsledná intenzita elektrického pole rovna **97,36** dBµV/m. Pro 54. kanál je minimální hodnota intenzity užitečného signálu DVB-T stanovena na **56** dBµV/m. V 9 hodin byla na spektrálním analyzátoru zaznamenána zvýšená hodnota napěťové úrovně o 2 dBµV.



Obr. 5.1: Průběh měření_Ostrava-Hošťálkovice

Zvýšená hodnota může být zapříčiněna vlivem makroprostorového případně mikroprostorového kolísání. V případě mikroprostorového kolísání, jehož příčinou jsou obvykle mnohacestné odrazy od blízkých objektů, se tak děje v oblastech s rozměry řádově porovnatelných s vlnovou délkou. Pro oblast IV. a V. televizního pásma se vlnová délka pohybuje v rozmezí od **0,638** m do **0,348** m při uvažování šíření signálu rychlostí šíření světla ve vakuu. Vliv makroprostorového kolísání mají za příčinu zejména mnohacestné odrazy od vzdálených objektů a stínění, jenž nastávají v oblastech s lineárními rozměry 10 až 100 m či více. Dalším z problémů se kterým se můžeme setkat při příjmu v pásmech UHF, je vznik tzv. „oscilačního pole“. Tento jev se obvykle projevuje v oblasti blízké vzdálenosti do zhruba 15 km od vysílače. Důsledkem je sčítání přímé a od zemského povrchu odražené vlny, což má za následek střídání minima a maxima intenzity signálu.

ZWARDON (54. Kanál): Obrázek 5.2 zobrazuje průběh naměřených hodnot napěťové úrovně (V) spolu s nosnou zvuku (A) a odstupem nosné obrazu od šumu (C/N). Jak kmitočtová složka nosné zvuku napovídá, jedná se o vysílač ATV. Průměrná hodnota napěťové úrovně je 60 dBµV. Po převedení hodnoty této napěťové úrovně pomocí vzorce (4.3), (viz článek 4.1.2), je výsledná intenzita elektrického pole rovna **74,03** dBµV/m. Minimální hodnota intenzity užitečného signálu v případě zemského analogového televizního signálu (ATV) je pro 54. kanál **70** dBµV/m. Stejně tak odstup C/N by měl být větší než 43 dB pro kvalitní příjem obrazu. Obecně je známo, že stejného pokrytí jako u ATV lze dosáhnout při podstatně nižším vyzářeném výkonu v rámci DVB-T.



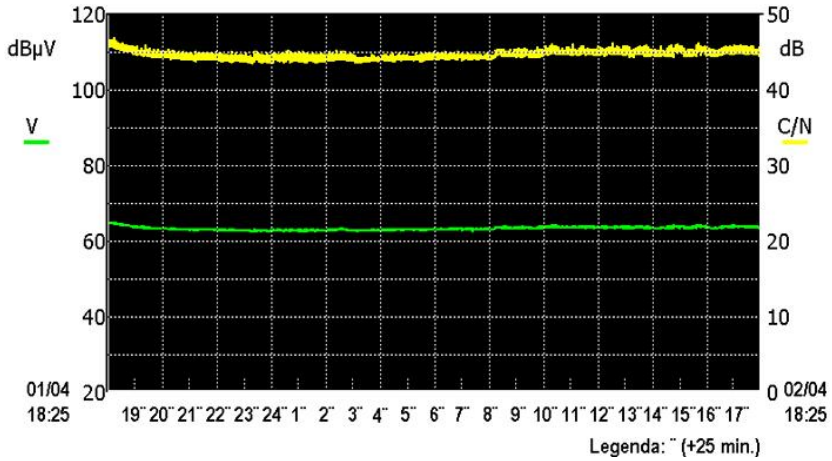
Obr. 5.2: Průběh měření_vysílač Zwardon

Z výsledných hodnot intenzit elektrického pole je pak možné v rámci praktického měření kanálového pozadí určit, zda dochází k rušení užitečného signálu či nikoliv v místě, kde probíhalo měření.

V našem případě bylo po odečtení průměrné hodnoty intenzity elektrického pole vysílače Ostrava-Hošťálkovice (užitečný signál) od průměrné hodnoty intenzity elektrického pole polského vysílače Zwardon (potenciální zdroj rušení) zjištěno následující:

97,36 - 74,03 = 23,33 dB, což je vyšší hodnota než stanovený ochranný poměr **5** dB a tudíž **k rušení na shodném kanálu** v měřícím bodě Ostrava-Poruba **nedochází**!

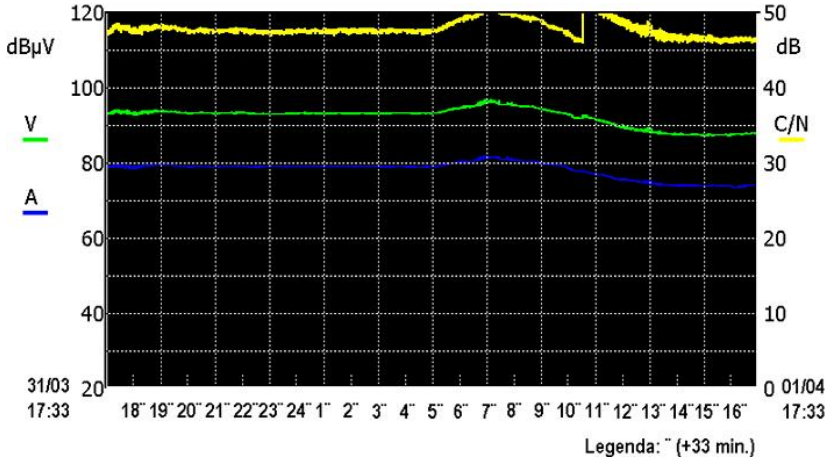
OSTRAVA - Hladnov (32. Kanál): Na obrázku 5.3 je zobrazen průběh měření hodnot napěťové úrovně (V) a odstupu nosné od šumu (C/N) prověřovaného vysílače. Napěťová úroveň dosahovala průměrné hodnoty 64 dBµV a po převedení pomocí vzorce (4.3) je výsledná intenzita elektrického pole rovna **75,57** dBµV/m. Pro 32. kanál je minimální hodnota intenzity užitečného signálu DVB-T stanovena na **54** dBµV/m (viz článek 2.3).



Obr. 5.3: Průběh měření_Ostrava-Hladnov

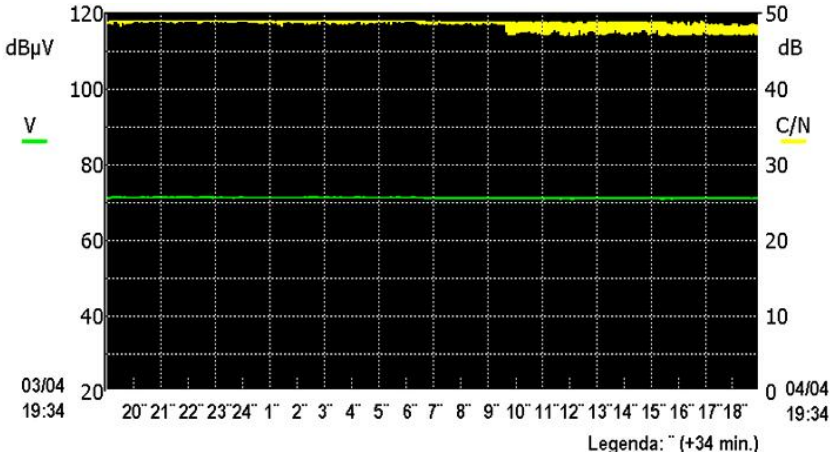
OSTRAVA - Hošťálkovice (31.kanál): Obrázek 5.4 zobrazuje průběh naměřených hodnot napěťové úrovně (V) spolu s nosnou zvuku (A) a odstupem nosné obrazu od šumu (C/N). Jak kmitočtová složka nosné zvuku napovídá, jedná se o vysílač ATV. Průměrná hodnota napěťové úrovně je 93 dBµV. Po převedení hodnoty této napěťové úrovně pomocí vzorce (4.3), (viz článek 4.1.2), je výsledná intenzita elektrického pole rovna **104,01** dBµV/m. Minimální hodnota intenzity užitečného signálu v případě zemského analogového televizního signálu je pro 31. kanál **65** dBµV/m. Po odečtení průměrné hodnoty intenzity elektrického pole vysílače Ostrava-Hladnov (užitečný signál) od průměrné hodnoty intenzity elektrického pole vysílače Ostrava-

Hošťálkovice (potenciální zdroj rušení) bylo zjištěno následující: **75,57 - 104,01** = -28,44 dB, což je hodnota nižší než povoluje stanovený ochranný poměr **-38** dB a tudíž **k rušení na sousedním spodním kanálu** v měřícím bodě Ostrava-Poruba **dochází** s intenzitou rušení 9,56 dB.



Obr. 5.4: Průběh měření_Ostrava-Hošťálkovice

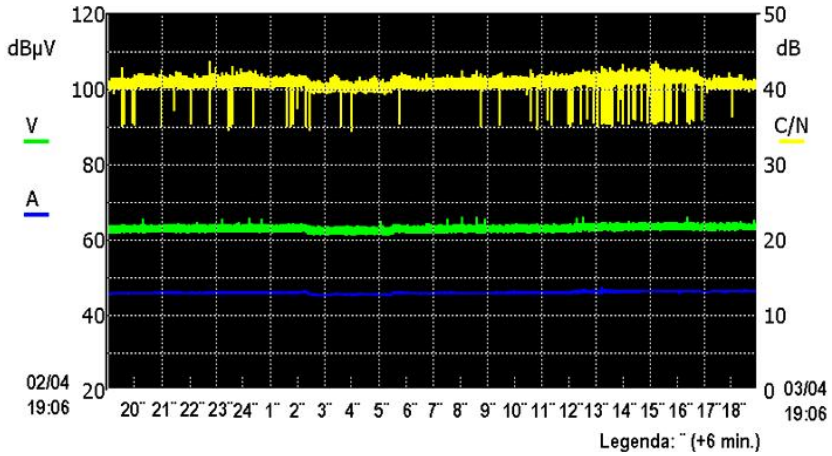
OSTRAVA - Hladnov (39.kanál): Na obrázku 5.5 je zobrazen průběh měření hodnot napěťové úrovně (V) a odstupu nosné od šumu (C/N) prověřovaného vysílače. Napěťová úroveň dosahovala průměrné hodnoty 71 dBµV a po převedení pomocí vzorce (4.3) je výsledná intenzita elektrického pole rovna **82,31** dBµV/m. Pro 39. kanál je minimální hodnota intenzity užitečného signálu DVB-T stanovena na **55** dBµV/m (viz článek 2.3).



Obr. 5.5: Průběh měření_Ostrava-Hladnov

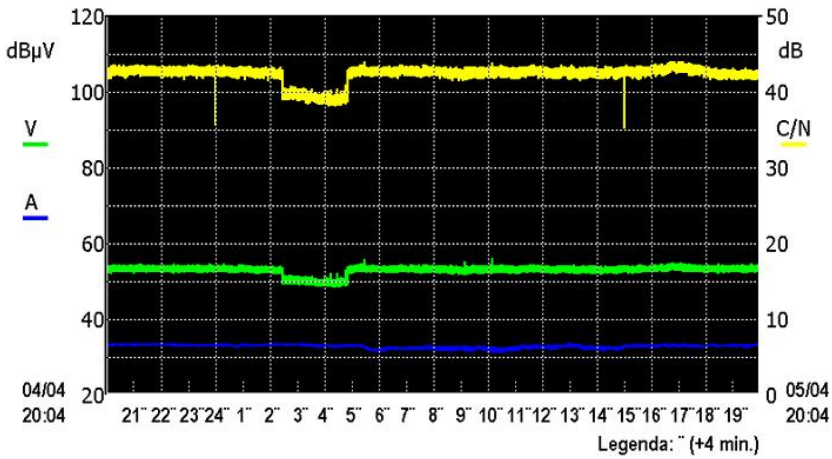
USTROŃ - góra Czantoria (39.kanál): Obrázek 5.6 zobrazuje průběh naměřených hodnot napěťové úrovně (V) spolu s nosnou zvuku (A) a odstupem nosné obrazu od šumu (C/N)

polského převaděče Ustroń. Jak kmitočtová složka nosné zvuku napovídá, jedná se o převaděč zajišťující ATV. Průměrná hodnota napěťové úrovně je 63 dBµV. Po převedení hodnoty této napěťové úrovně pomocí vzorce (4.3), (viz článek 4.1.2), je výsledná intenzita elektrického pole rovna **74,12** dBµV/m. Minimální hodnota intenzity užitečného signálu v případě zemského analogového televizního signálu je pro 39. kanál **70** dBµV/m.



Obr. 5.6: Průběh měření_ převaděč Ustroń

<u>NOVÉ MESTO NAD VÁHOM – Veľká Javorina</u> (39.kanál): Je posledním z měřených vysílačů ATV. Průběh naměřených hodnot napěťové úrovně (V) spolu s nosnou zvuku (A) a odstupem nosné obrazu od šumu (C/N) je na obrázku 5.7. Průměrná hodnota napěťové úrovně je 53 dBµV. Po převedení hodnoty napěťové úrovně pomocí vzorce (4.3) je výsledná intenzita elektrického pole rovna **64,1** dBµV/m.



Obr. 5.7: Průběh měření_vysílač Veľká Javorina

Z průměrných hodnot naměřených intenzit elektrického pole jednotlivých vysílačů a televizního převaděče bylo zjištěno následují:

82,31 - 74,12 = 8,19 dB, což je hodnota vyšší než stanovený ochranný poměr **5** dB a tudíž **k rušení na shodném kanálu** v měřícím bodě Ostrava-Poruba v případě polského převaděče Ustroń **nedochází**!

82,31 - 64,1 = 18,21 dB, což je rovněž vyšší hodnota než stanovený ochranný poměr **5** dB a tudíž **k rušení na shodném kanálu** v měřícím bodě Ostrava-Poruba v případě slovenského vysílače Veľká Javorina **nedochází**!

Pokud tedy srovnáme výsledky simulace v Radiolabu s výsledky provedeného měření na základě výskytu rušení v měřícím bodě, pak se shodují v rámci všech prověřovaných vysílačů. V tabulce 5.1 jsou vidět jednotlivá stanoviska ohledně výskytu rušení prověřovaných vysílačů, případně hodnota intenzity rušení v měřícím bodě.

Prověřovaný vysílač	Výskyt rušení			Intenzita rušení [dB]	
Hošťálkovice 54.k	N	N	N	-	
Hladnov 39.k	N	N	N	-	
Hladnov 32.k	A	A	N	< 6	9,56

Tabulka 5.1: Výsledky analýzy

Legenda: ■ – simulace KP v Radiolabu ver.3.6 (sítě SFN)
■ – vlastní měření KP
■ – výpočet KP pomocí BAnalyzéru[5]

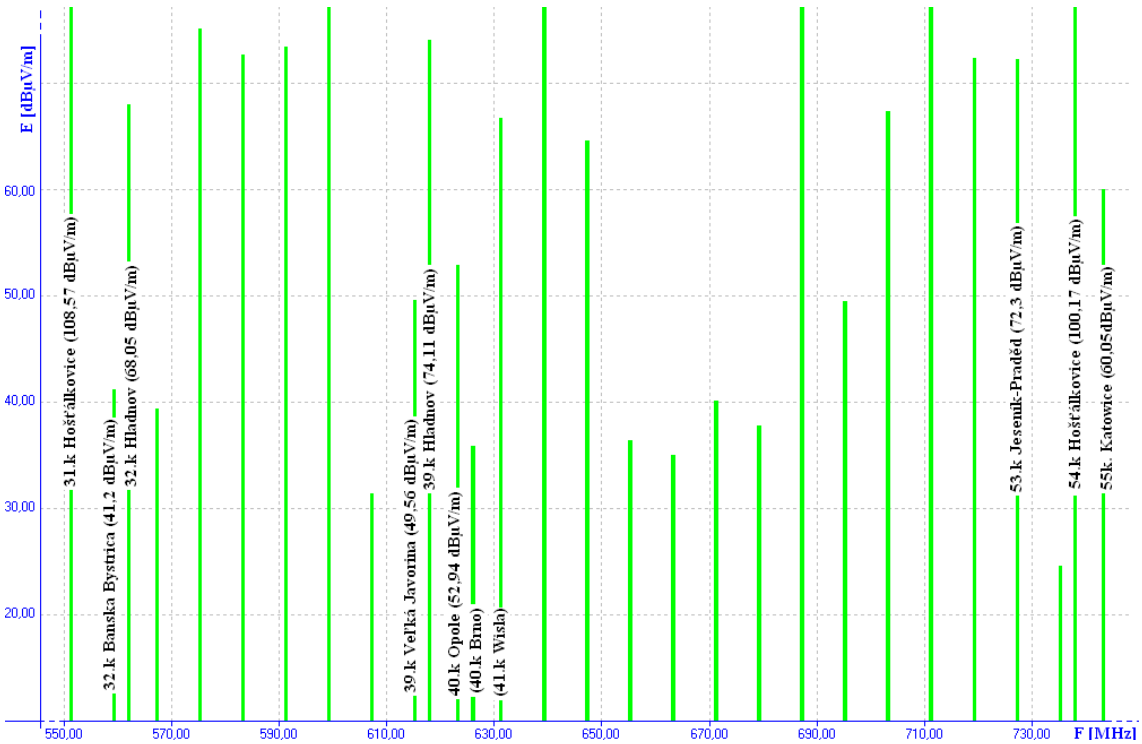
Zajímavý případ shody mezi simulací a měřením nastal u prověřovaného vysílače Ostrava-Hladnov, vysílajícího užitečný signál na 32. kanálu. Tento vysílač byl na základě výpočtu a analýzy rušení výpočetním systémem sítě SFN označen jako rušený, analogovým vysílačem Ostrava-Hošťálkovice, s odpovídající intenzitou rušení menší než 6 dB v měřícím bodě. (*Viz diagram pokrytí s rušením na obrázku 3.6 v článku 3.2).* Měřením pak tato hodnota vyšla na 9,56 dB. Jinak je tomu u výsledku výskytu rušení výpočtem kanálového pozadí v programu Broadcast Analyzer.

[5] Model šíření ITU-R P.1546-2 CA

5.2 Porovnání výsledků s programem Broadcast Analyzer

Kanálové pozadí lze mimo jiné i spočítat pomocí výpočetního systému Broadcast Analyzer neboli Analyzátoru vysílání/příjmu. Tento systém byl původně vyvinut za účelem zjištění obsazenosti spektra, přičemž vyhledá a zobrazí všechny kmitočty, které se vyskytují s nadprahovou intenzitou v daném bodě. Tento bod je zadáván libovolně pomocí souřadnicového systému WGS84. V našem případě byly zadány souřadnice Loc: **49°49'53''N**, **18°9'31''E** odpovídající místu měření (viz obrázek 4.1). Systém Analyzátor příjmu pracuje rovněž s datovým subsystémem RadioBase2, ze kterého stejným způsobem načítá vysílače pro analýzu jako u systému sítě SFN. Výpočetní algoritmy a parametry vycházejí ze stejné dohody Chester 97.[9]

Samotný výpočet intenzit elektrického pole spolu s obsazeností spektra se provedl pomocí ikony ***Výpočet intenzity obsazenost spektra.*** Model šíření byl zvolen stejný jako v případě předchozí simulace v systému sítě SFN. V záložce *pokrytí/detail* je pak graf se znázorněním přijímaných kmitočtů a odpovídajících intenzit elektrického pole v daném bodě (viz obrázek 5.8).



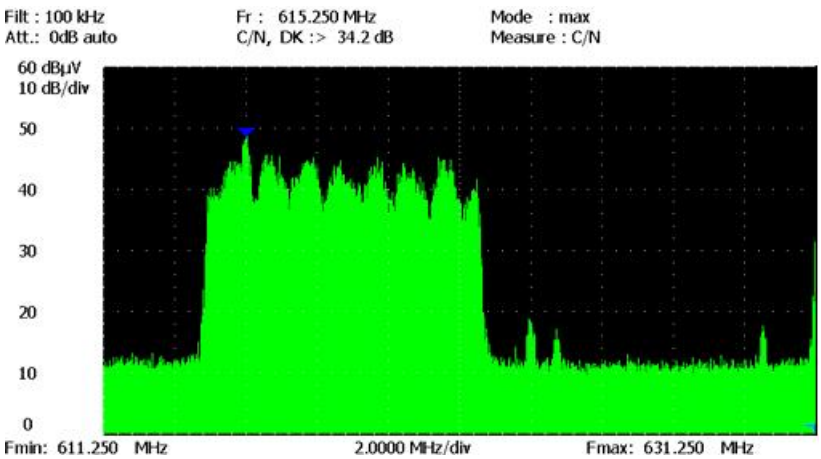
Obr. 5.8: Obsazenost spektra[6]

[6] Podrobnější graf obsazenosti spektra je uveden v příloze C.

Spektrální čáry, které jsou na obrázku 5.8 blíže u sebe, nasvědčují vysílání na stejném rádiovém kanálu. Jak vyplývá z hodnot jednotlivých intenzit a výsledné obsazenosti spektra, k rušení v místě měřícího bodu nedochází. A to ani v případě prověřovaného vysílače Ostrava-Hladnov zajišťujícího distribuci digitální sítě 3 na 32. rádiovém kanálu. Pokud bychom tedy odečetli od zmiňovaného vysílače intenzitu elektrického pole analogového vysílače Ostrava-Hošťálkovice, pak hodnota **-40,52** dB je vyšší o zhruba 2,5 dB než stanovený ochranný poměr -38 dB.

Výpočet pomocí metody **RDK-2** vykazoval ve většině případů vyšší hodnoty intenzit elektrického pole, v některých případech i o 6 a více decibel, než u zvolené metody ITU-R P.1546-2 CA. Tato metoda však rovněž **potvrzuje** překročení stanoveného OP o **6** dB v souladu s provedenou simulací v programu Radiolab ver. 3.6.

Obrázek 5.9 zachycuje spektrum analogového signálu na měřeném 39. kanálu vysílače Veľká Javorina (Slovensko). Na stejném kanálu vysílá digitální signál i místní vysílač Ostrava – Hladnov. Tomu napovídá 8 MHz přenosový kanál, který rovnoměrně vyplňují dílčí, digitálně modulované subnosné. Rovněž je na 40. kanálu vidět analogový signál polského vysílače Opole a digitální signál vysílače Brno, případně na 41. kanálu signál vysílače Wisla.



Obr. 5.9: Měření spektra signálu

Pokud srovnáme frekvenční pozice vypočtené obsazenosti spektra na obrázku 5.8 spolu s měřeným spektrem signálu v měřícím bodu, dojdeme ke shodě. Zdrojové soubory výpočtu obsazenosti spektra přikládám v elektronické příloze VII.

6 Závěr

Z grafických výstupů simulace a naměřených hodnot v rámci měření kanálového pozadí IV. a V. televizního pásma bylo zjištěno překročení stanoveného ochranného poměru -35 dB ve zvoleném měřícím bodě Ostrava-Poruba (viz článek 3.2 a 5.1).

U analogového televizního signálu se dá připustit nedodržení stanoveného OP o hodnotu až o 10 dB, což se zdá být v současnosti logické vzhledem k ústupu od analogového způsobu vysílání. V případě užitečného signálu DVB-T je požadováno dodržení OP dle dohod GE06 a příslušné vyhlášky. Uvážíme-li však výkon analogového vysílače Ostrava-Hošťálkovice 600kW ERP oproti výkonu vysílače DVB-T Ostrava-Hladnov 2kW ERP, tj. rozdíl výkonů 25 dB, je možné, že v některé oblasti v blízkosti Hošťálkovic, a/nebo při použití nevhodné televizní techniky to může být pro televizní přijímače problém. Nicméně z aktivní diskuze na fóru informačního serveru www.digitalnitelevize.cz vyplývá, že zjištěná překročená hodnota stanoveného ochranného poměru nemá v konečném důsledku viditelný vliv na obrazový signál v předpokládaných oblastech výskytu rušení (viz obrázek 3.6). Taktéž nebyla pozorovatelná degradace obrazového a zvukového signálu při subjektivním hodnocení v místě, kde probíhalo měření.

V blízké budoucnosti by mělo dojít v případě vysílače užitečného signálu Ostrava-Hladnov, jenž nyní pracuje na dočasném kmitočtu (*32. kanál*), k obsazení na 48. rádiovém kanálu o plném výkonu 10 kW ERP (viz článek 2.2). Navíc termín vypnutí analogového vysílače Ostrava-Hošťálkovice (*31. kanál*) je podle TPP stanoven na listopad 2011. S uvedenými fakty by tak případný výskyt rušení měl ustat.

Použitá literatura:

[1] Dostupné z WWW: <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/micr/files/2820/st128171_cs05.pdf>

[2] Česko. Vyhláška ze dne 30.dubna 2008 o způsobu stanovení pokrytí signálem zemského televizního vysílání . In *Sbírka zákonů, Česká republika.* 2008, částka 51, s. 2126-2142. Dostupný také z WWW: <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2008/sb051-08.pdf>.

[3] Česko. Nařízení vlády ze dne 30. dubna 2008 o technickém plánu přechodu zemského analogového televizního vysílání na zemské digitální televizní vysílání. In *Sbírka zákonů, Česká republika*. 2008, částka 51, s. 2074-2122. Dostupný také z WWW: <http://aplikace.mvcr.cz/archiv2008/sbirka/2008/sb051-08.pdf>.

[4] http://digitalnitelevize.cz

[5] *Broadcast Engineers Reference Book.* E.P.J. Tozer. USA : Focal Press, 2004. 1034 s. Dostupné z WWW: <www.focalpress.com>. ISBN 0-2405-1908-6.

[6] *RadioLab 3.5a : Příručka uživatele.* [s.l.] : CRC Data spol sr.o., 1997. 135 s.

[7] *RadioBase 2.4 : Příručka uživatele.* [s.l.] : CRC Data spol sr.o., 2003. 33 s.

[8] *Sítě SFN 5.5 : Příručka uživatele.* [s.l.] : CRC Data spol sr.o., 2008. 51 s.

[9] *CRC Data* [online]. 2010 [cit. 2010-04-06]. Analyzátor příjmu. Dostupné z WWW: <http://www.crcdata.cz>

Seznam příloh:

1) **Příloha A** – Pokrytí území ČR signálem televizního vysílání **[**1-8**]**
2) **Příloha B** – Diagram pokrytí s rušením [1-3]
3) **Příloha C** – Obsazenost spektra [1-2]

Elektronická příloha se nachází na přiloženém CD příloh.

Obsah CD:

I Pracovní parametry provozovaných multiplexů

II Zdrojová databáze vysílačů/převaděčů [moje.mdb]

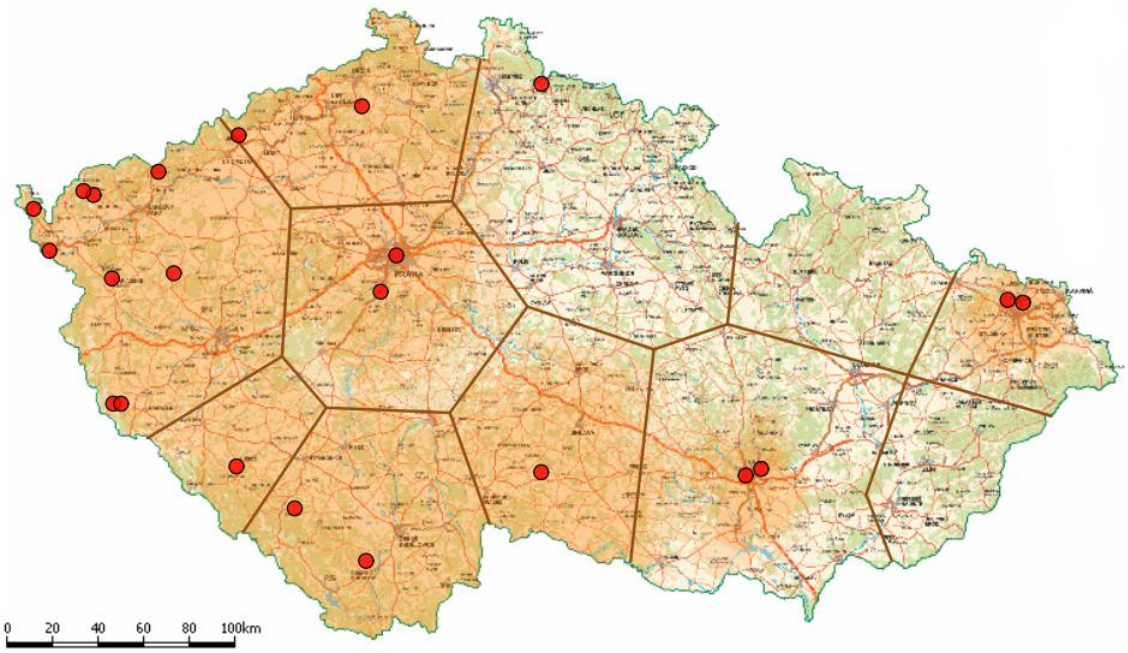
III Zdrojové soubory výpočtu [32_Slezska_Ostrava_ruseni.tdf]
[39_Slezska_Ostrava_ruseni.tdf]
[54_Hostalkovice_ruseni.tdf]

IV Mapy s vyznačením směrů, vzdáleností a hodnot azimutu měřených vysílačů

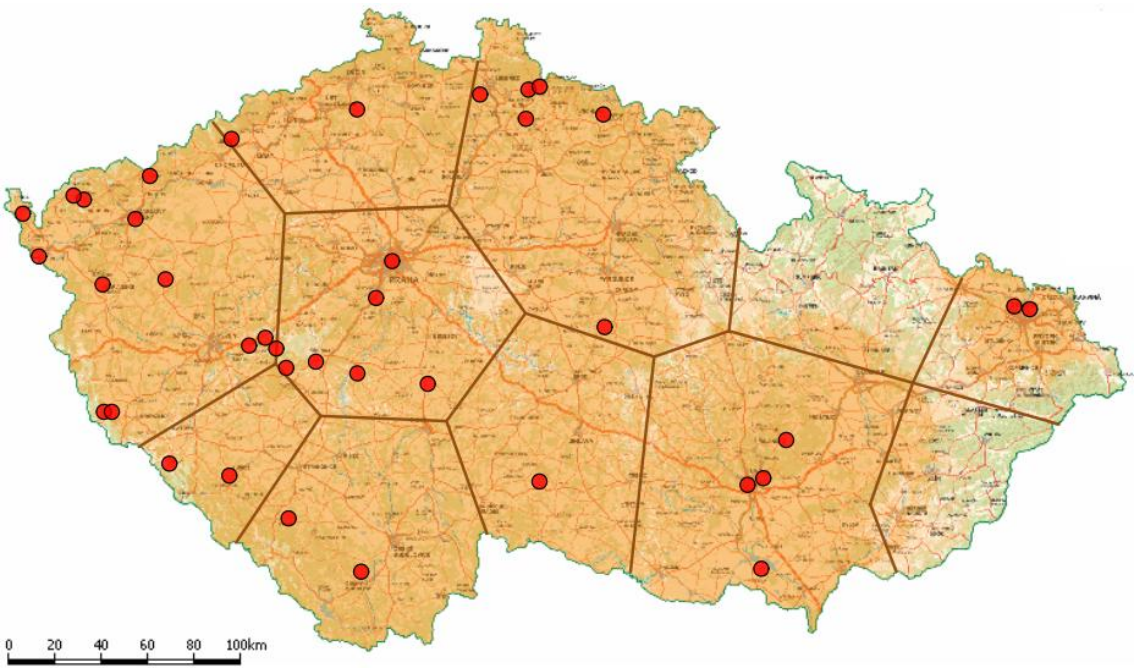
V Nastavení základních parametrů měřícího přístroje

VI Manuál (EN) [7865eng.pdf]

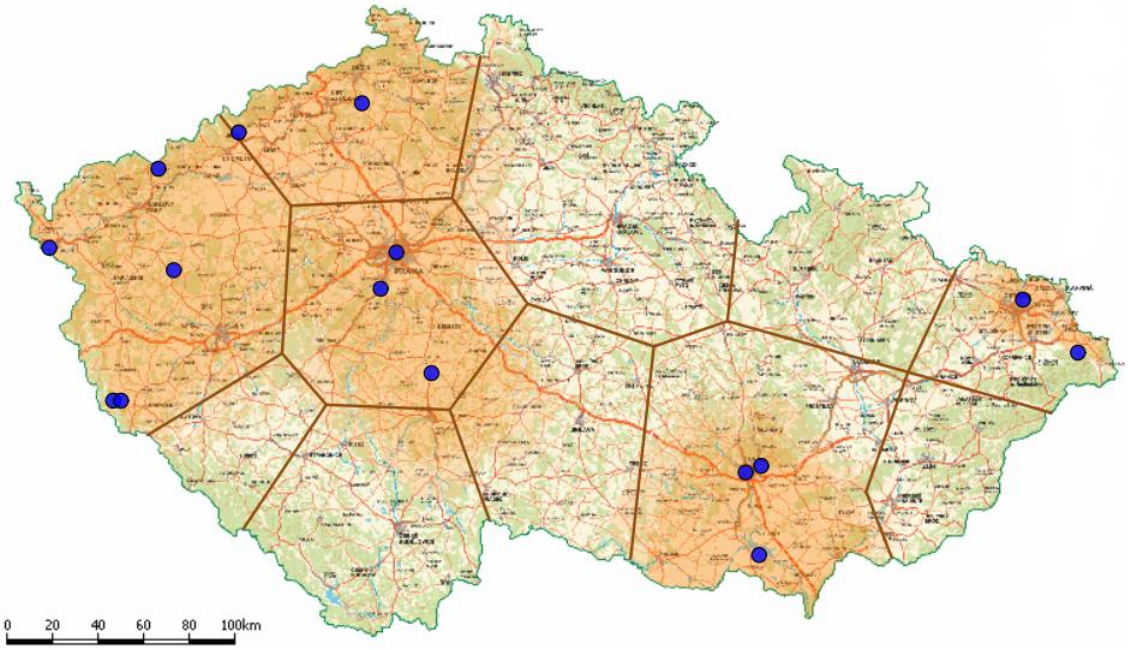
VII Zdrojové soubory obsazenosti spektra [obsazenost.xls]
[1546-2CA.tdf]
[RDK-2.tdf]



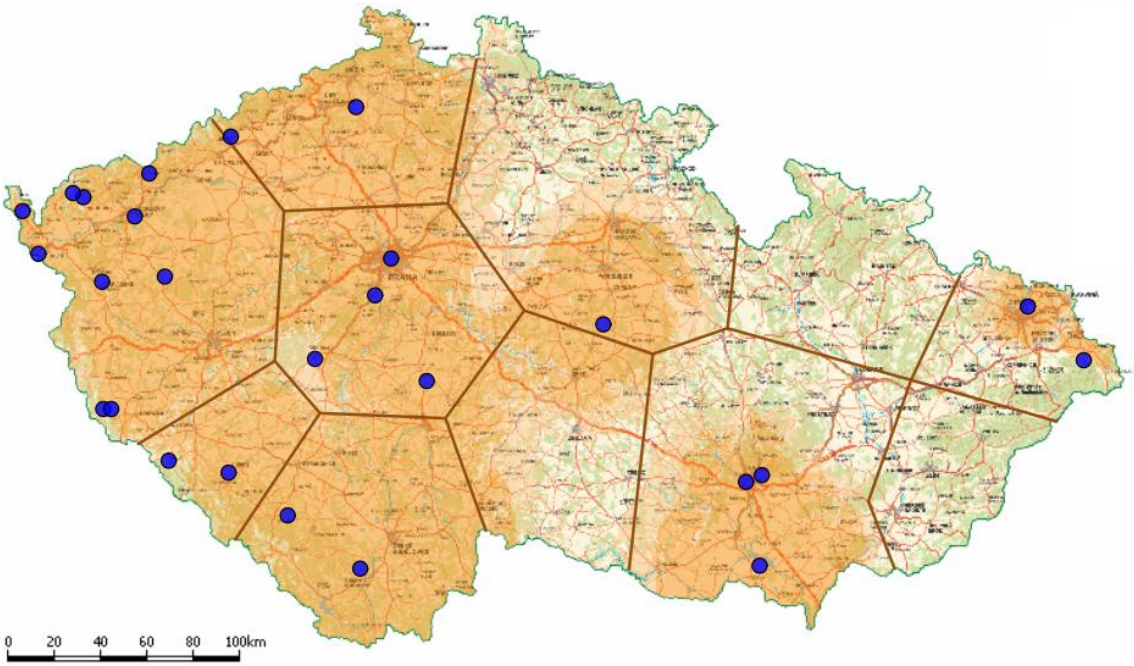
Obr. 1: Digitální pokrytí – **síť 1 ke dni 15.9.2009**



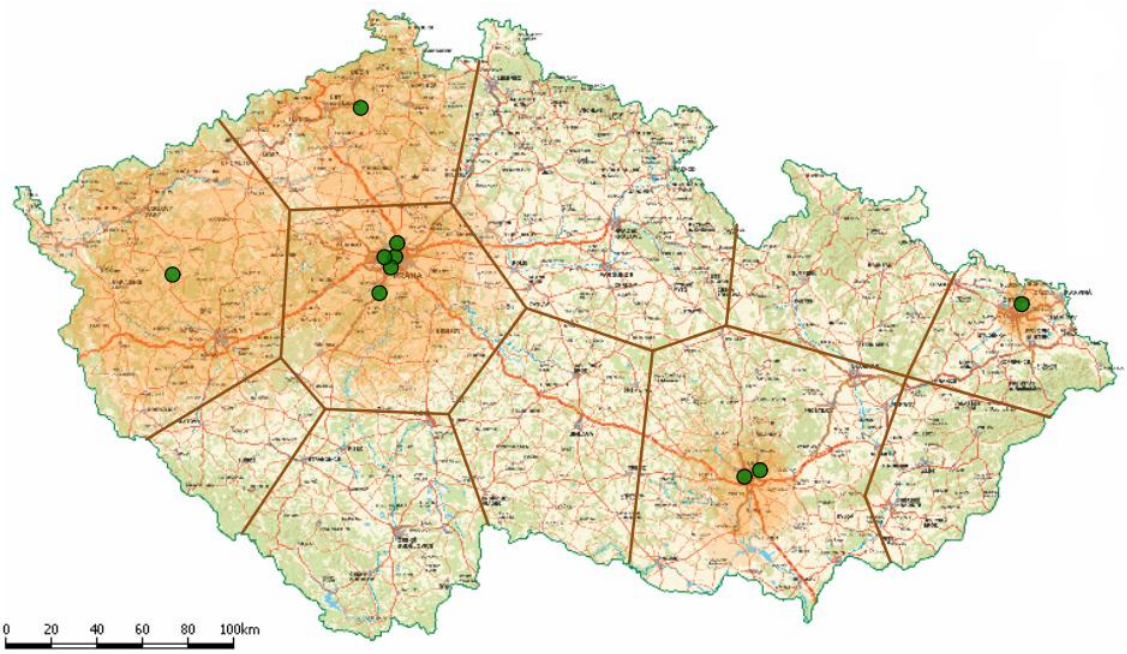
Obr. 2: Digitální pokrytí – **síť 1 ke dni 31.3.2010**



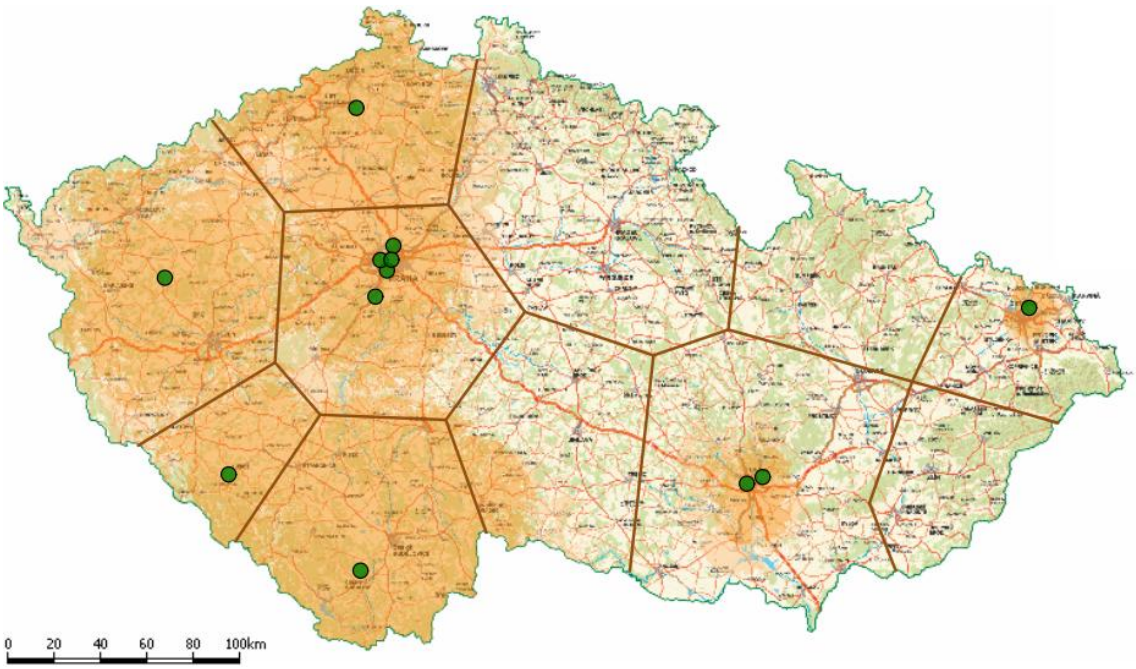
Obr. 3: Digitální pokrytí – **síť 2 ke dni 15.9.2009**



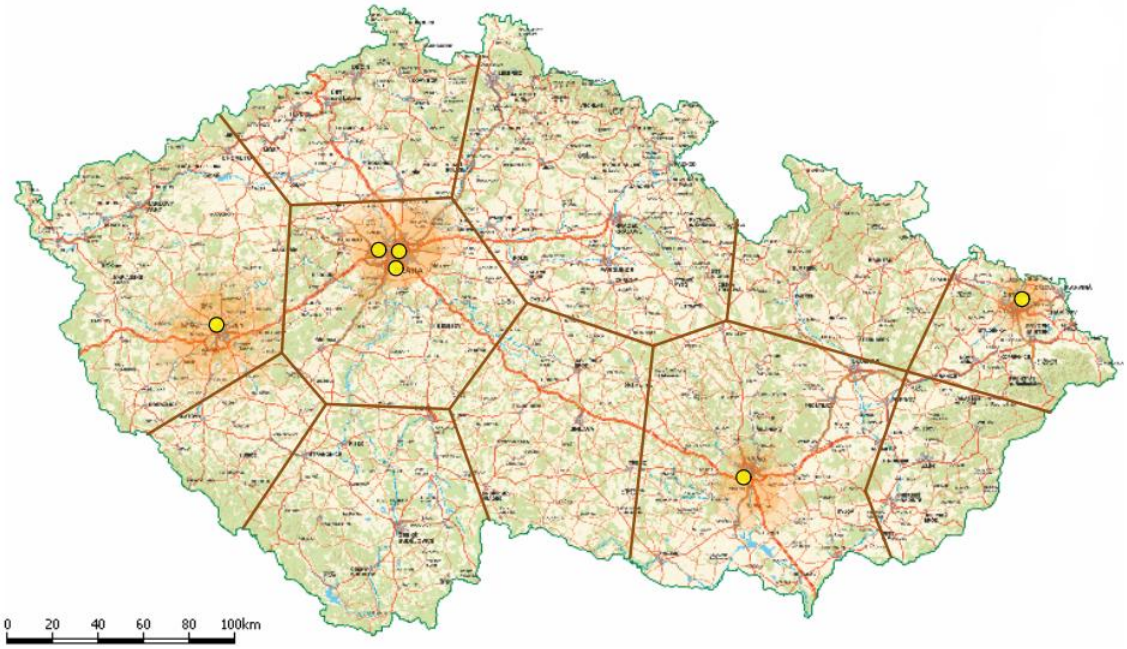
Obr. 4: Digitální pokrytí – **síť 2 ke dni 31.3.2010**



Obr. 5: Digitální pokrytí – **síť 3 ke dni 15.9.2009**

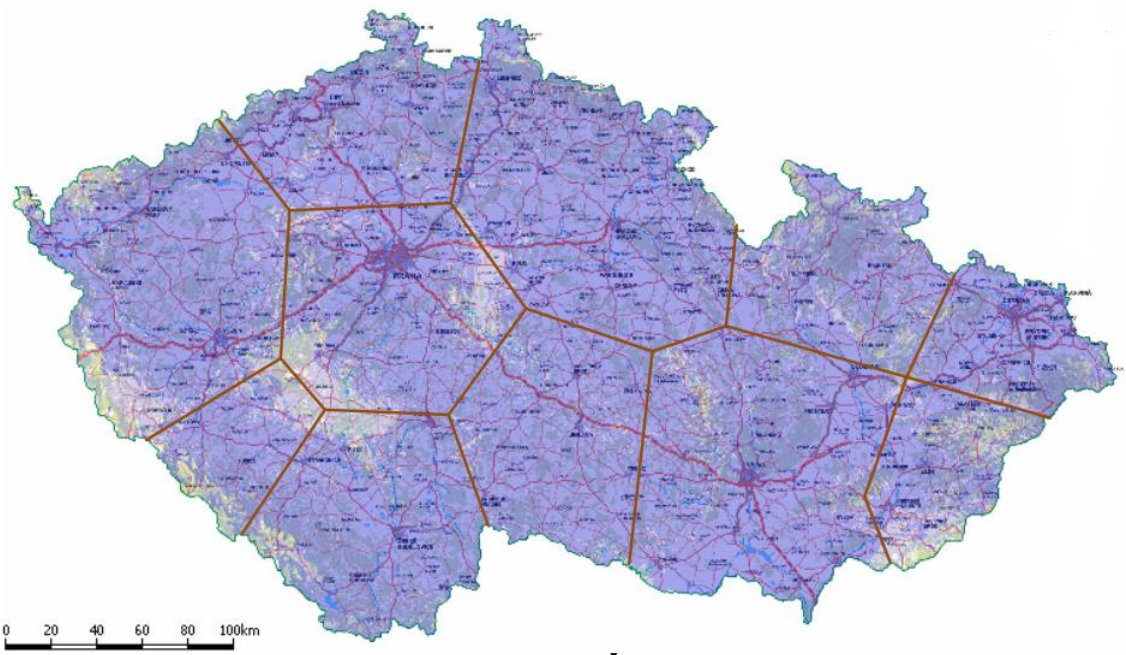


Obr. 6: Digitální pokrytí – **síť 3 ke dni 31.3.2010**

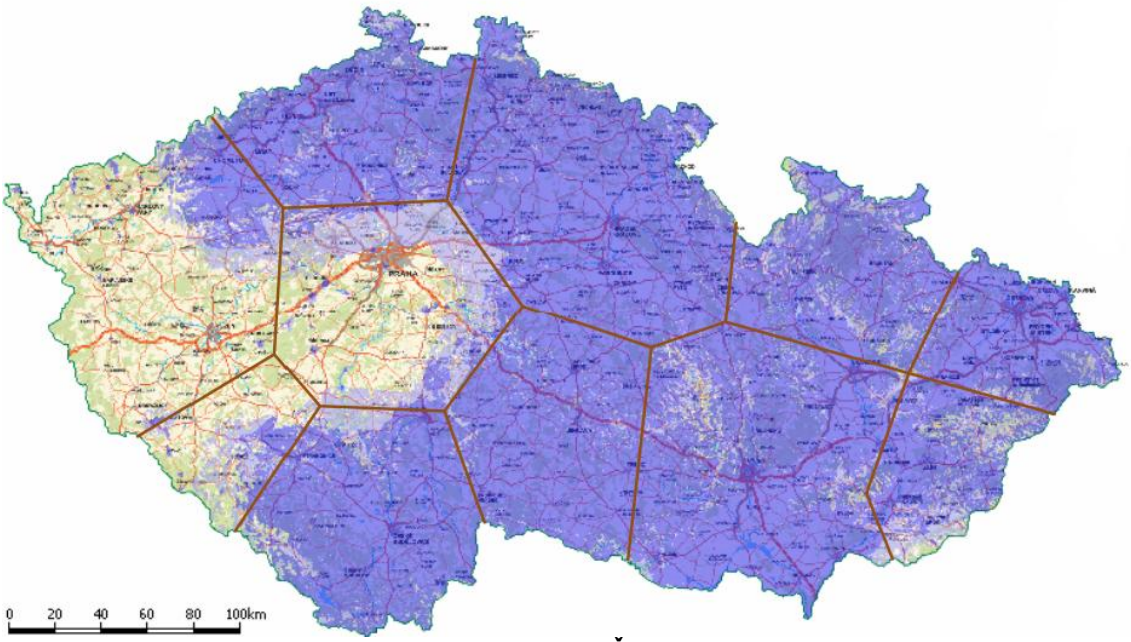


Obr. 7: Digitální pokrytí – **síť 4 ke dni 15.9.2009**

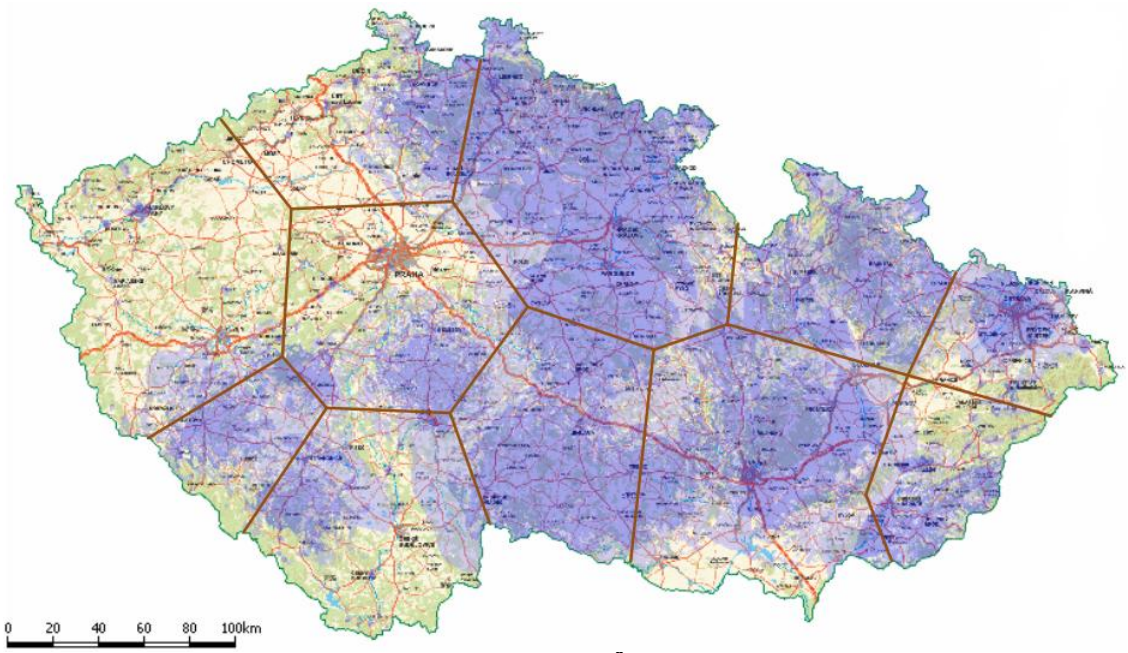
Obr. 8: Digitální pokrytí – **síť 4 ke dni 31.3.2010**



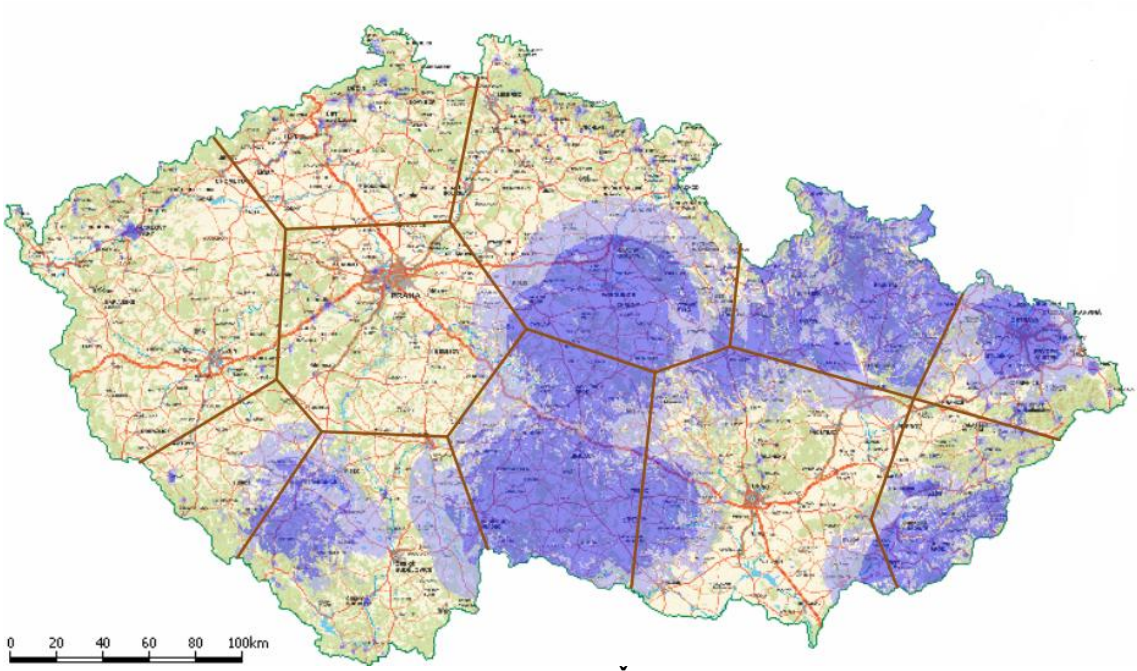
Obr. 9: Analogové pokrytí – **ČT1 ke dni 15.9.2009**



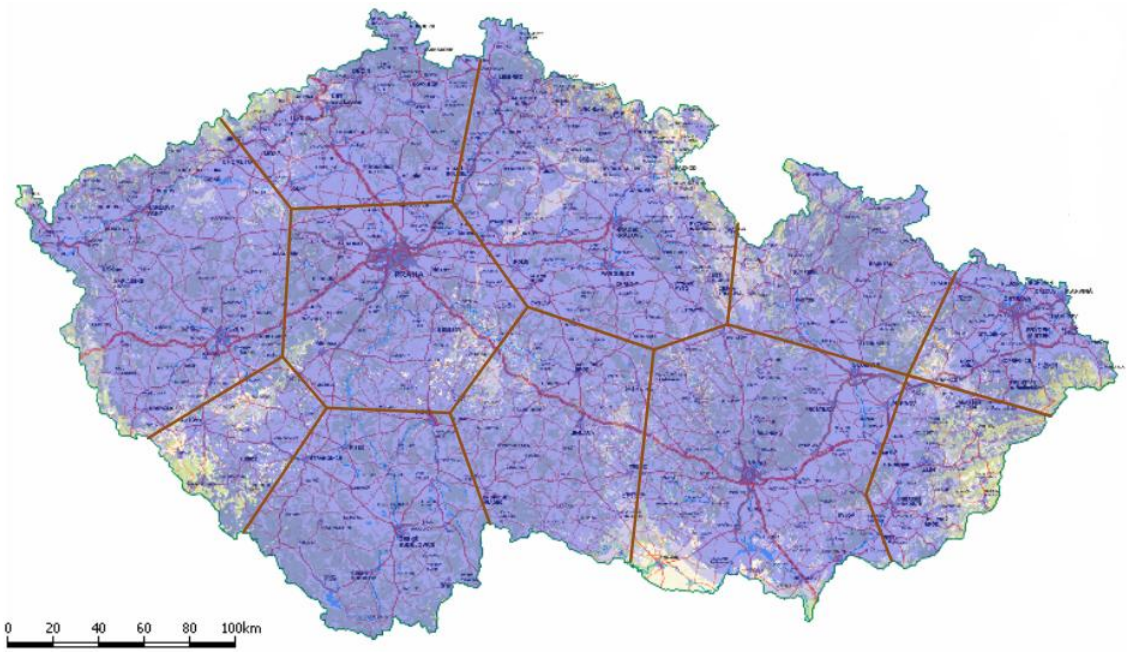
Obr. 10: Analogové pokrytí – **ČT1 ke dni 31.3.2010**



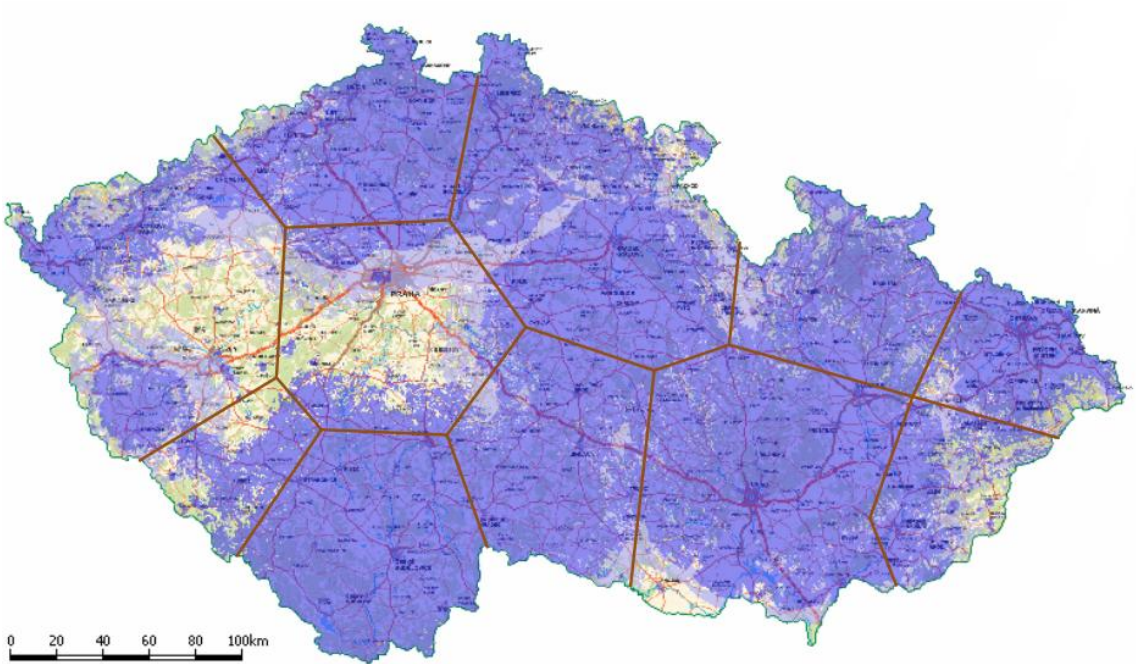
Obr. 11: Analogové pokrytí – **ČT2 ke dni 15.9.2009**



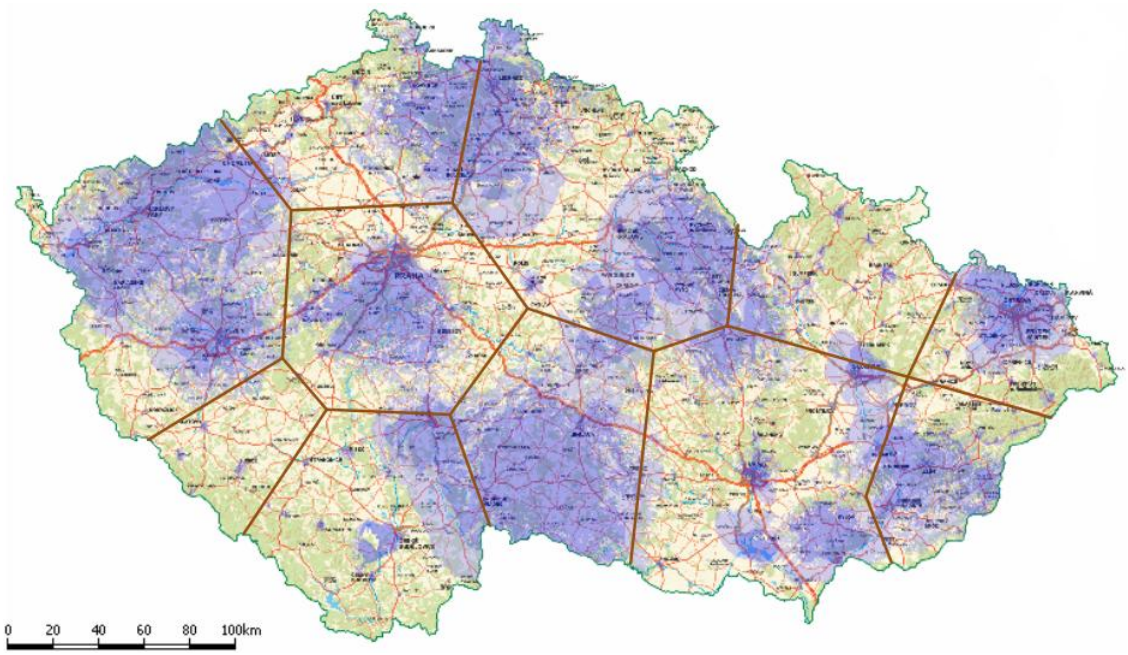
Obr. 12: Analogové pokrytí – **ČT2 ke dni 31.3.2010**



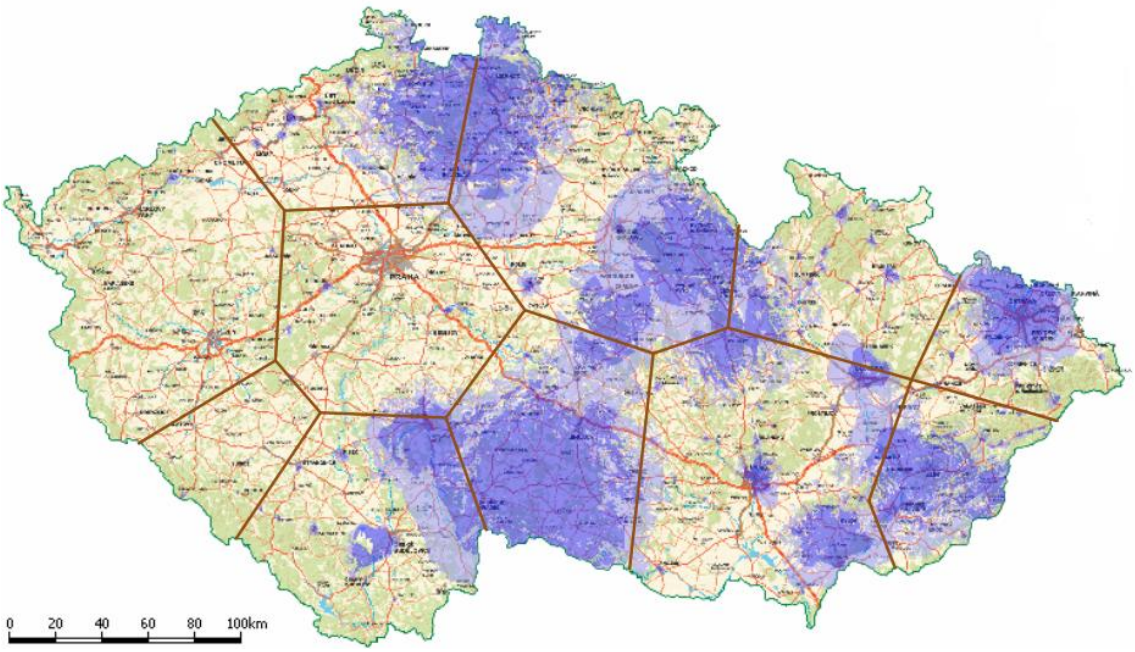
Obr. 13: Analogové pokrytí – **NOVA ke dni 15.9.2009**



Obr. 14: Analogové pokrytí – **NOVA ke dni 31.3.2010**

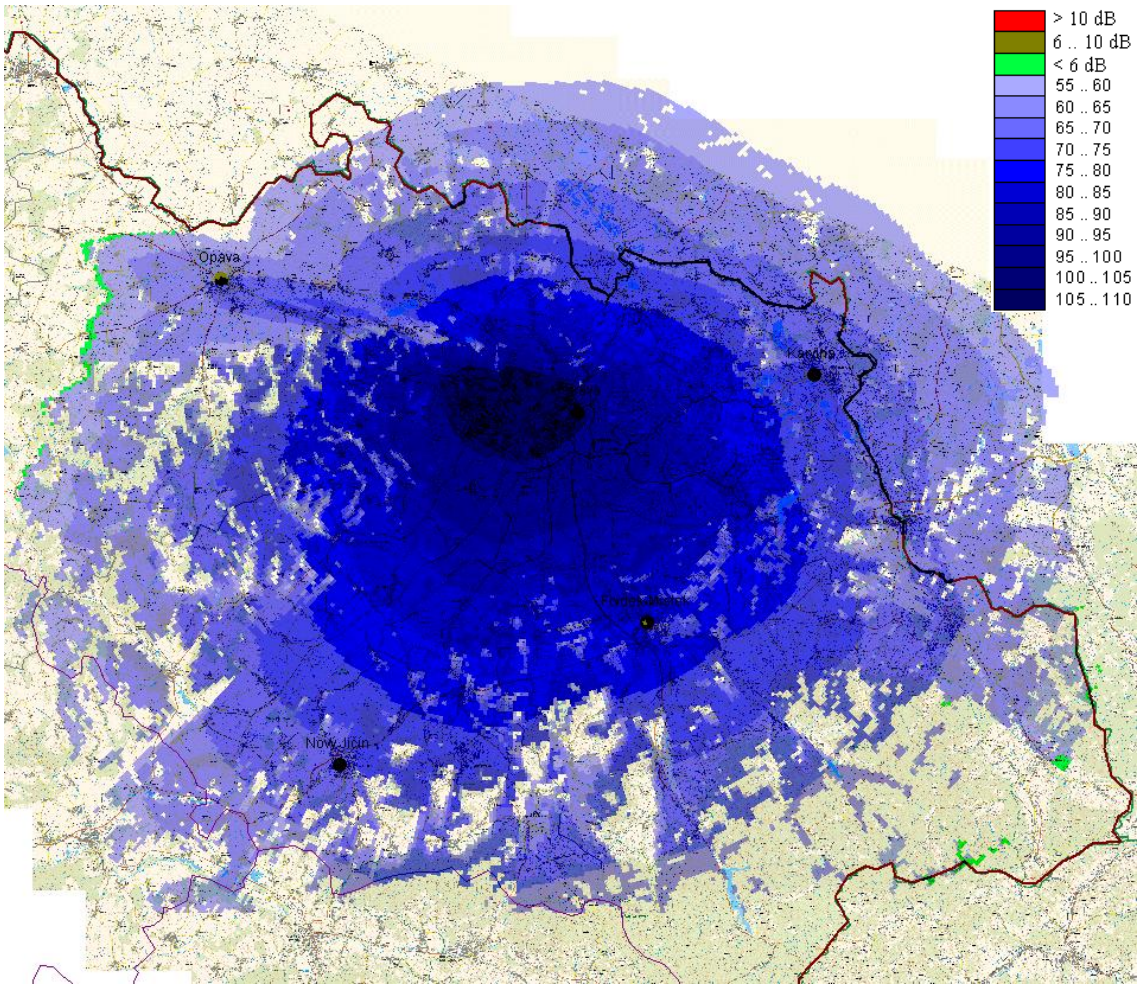


Obr. 15: Analogové pokrytí – **Prima ke dni 15.9.2009**

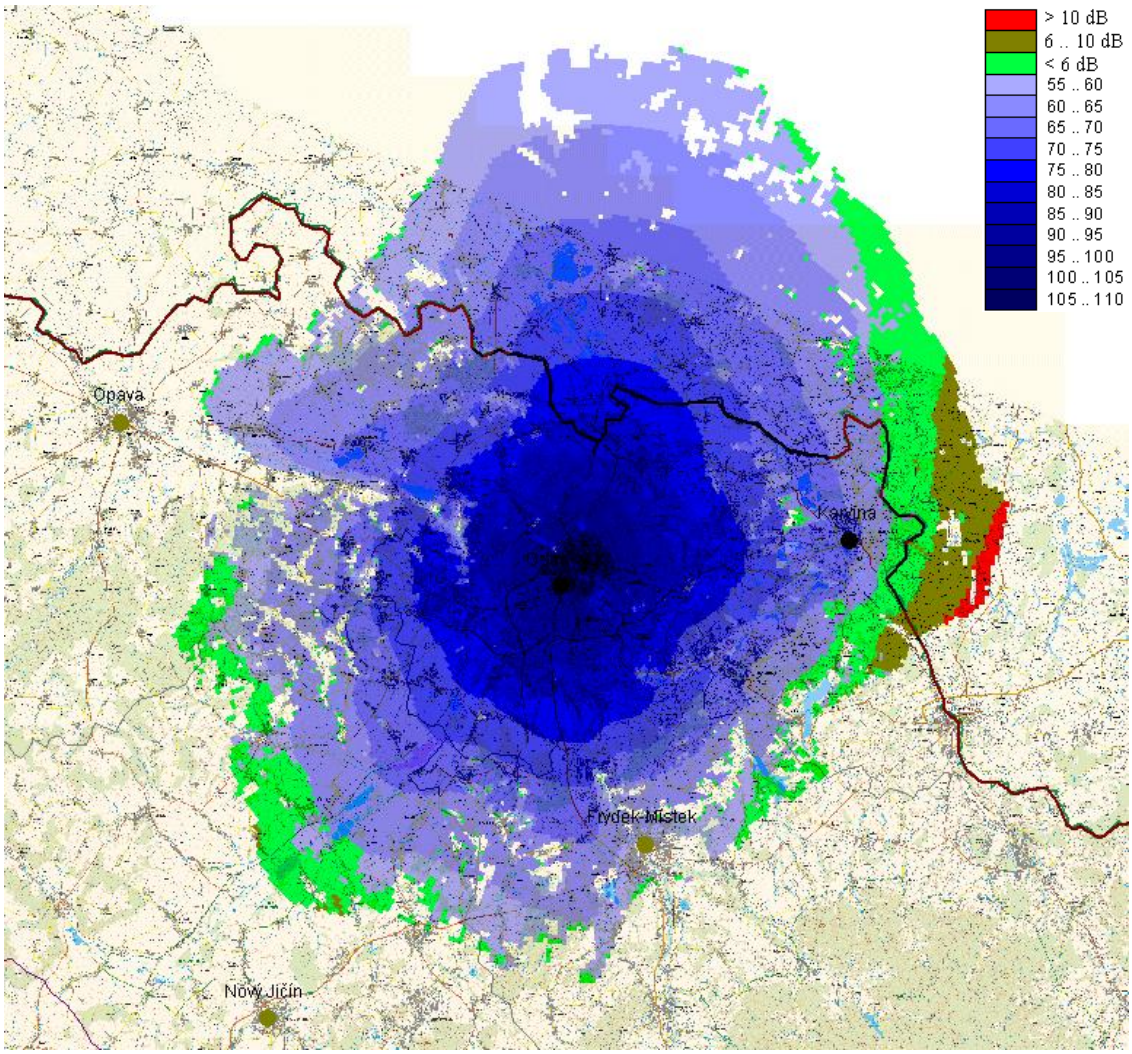


Obr. 16: Analogové pokrytí – **Prima ke dni 31.3.2010**

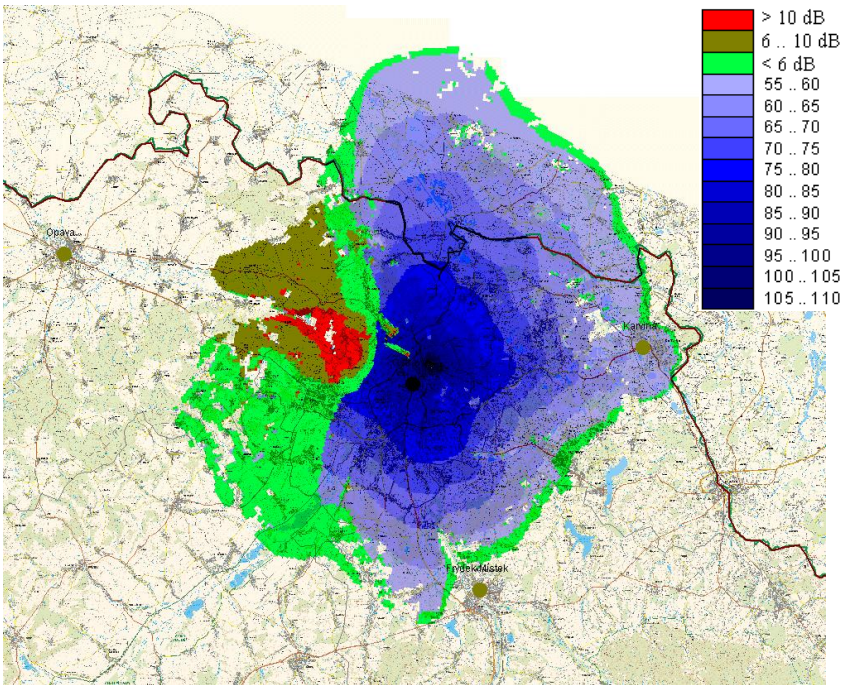
Zdroj: http://dtv.ctu.cz/



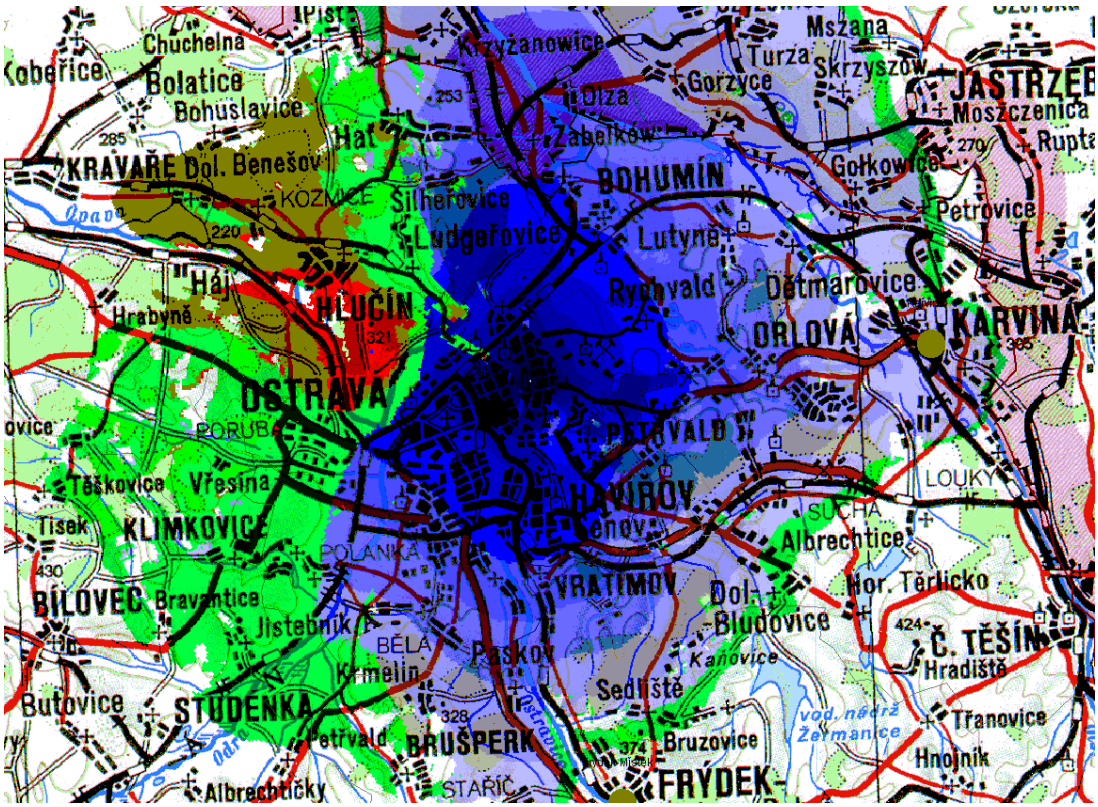
Obr. 1: Vysílač Ostrava_Hošťálkovice 54.k (M 1:350 000)



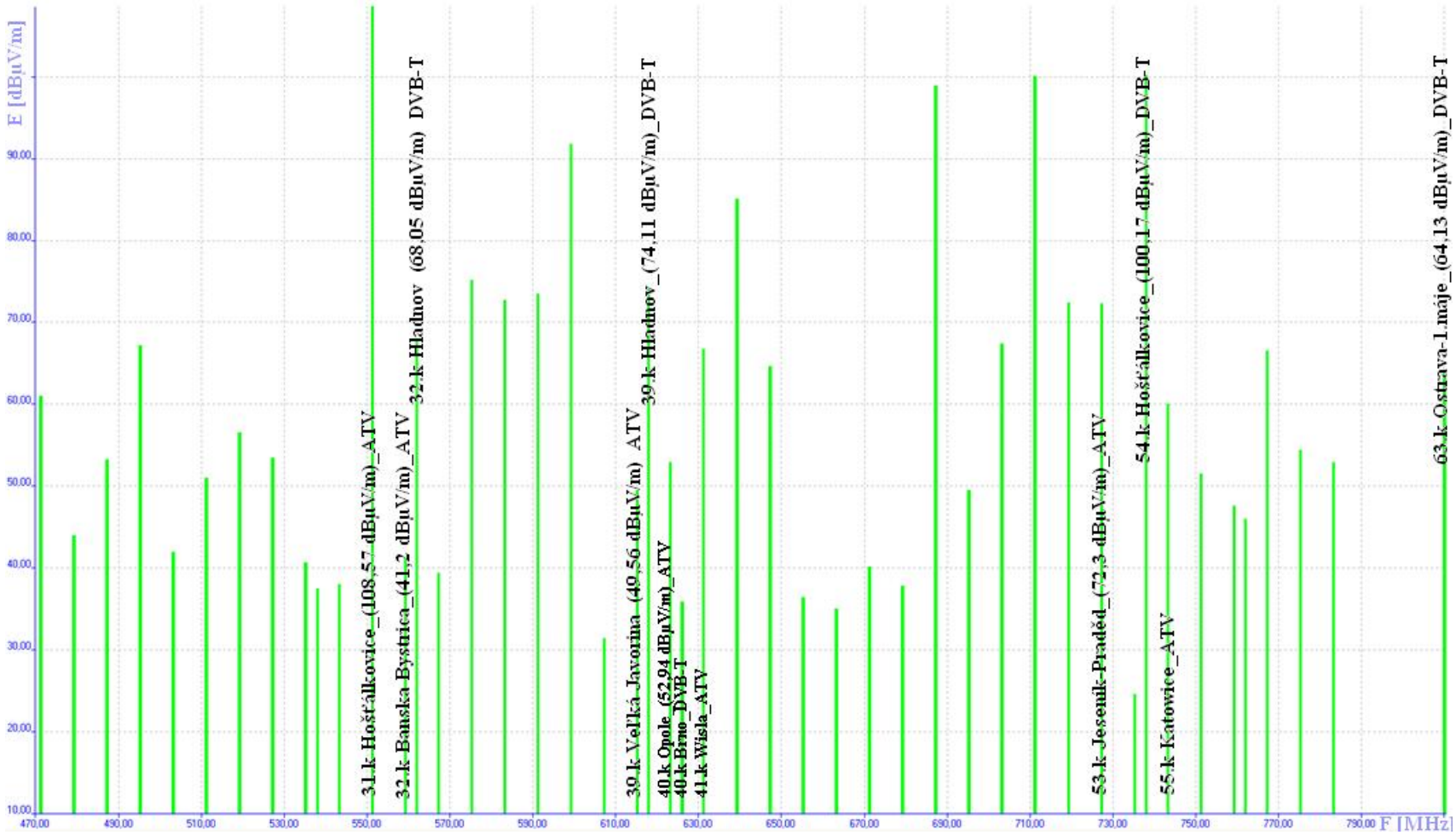
Obr. 2: Vysílač Ostrava_Hladnov 39.k (M 1:350 000)

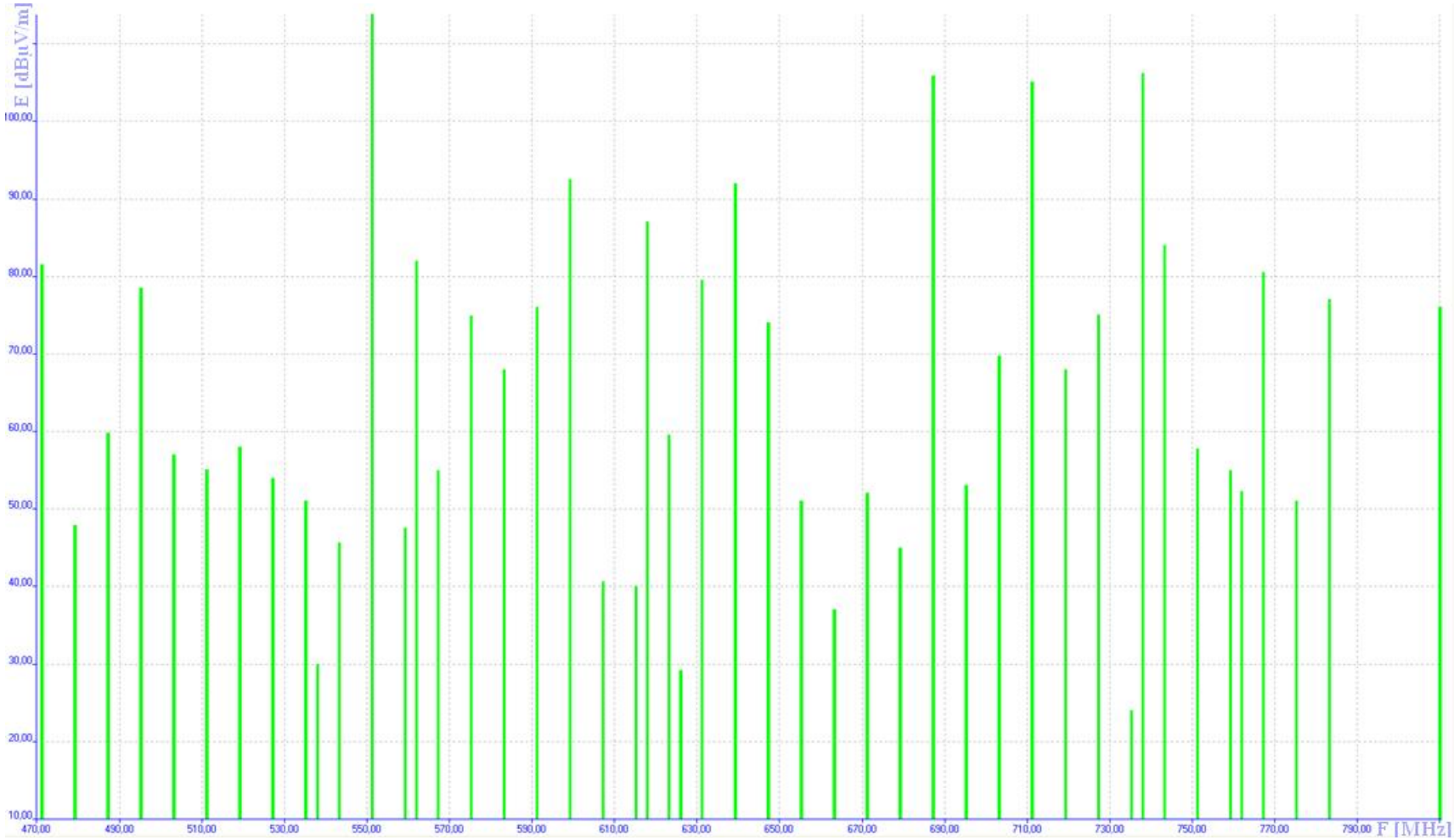


Obr. 3: Vysílač Ostrava_Hladnov 32.k (M1:350 000)



Obr. 4: Vysílač Ostrava_Hladnov 32.k (M 1:150 000)


E [dBµV/m]
90,00
80,00
70,00
60,00
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
470,00
490,00
510,00
530,00
550,00
570,00
590,00
610,00
630,00
650,00
670,00
690,00
710,00
730,00
750,00
770,00
790,00
F [MHz]
31.k-Hošťálkovice_(108,57 dBµV/m)_ATV
32.k-Banska Bystrica_(41,2 dBµV/m)_ATV
32.k-Hladnov (68,05 dBµV/m) DVB-T
39.k-Velká Javorina_(49,56 dBµV/m) ATV
39.k-Hladnov_(74,11 dBµV/m)_DVB-T
40.k Opole_(52,94 dBµV/m)_ATV
40.k Brno_DVB-T
41.k-Wisła_ATV
53.k-Jeseník-Praděd_(72,3 dBµV/m)_ATV
54.k-Hošťálkovice_(100,17 dBµV/m)_DVB-T
55.k-Katowice_ATV
63.k-Ostrava-Lmáje_(64,13 dBµV/m)_DVB-T


E [dBµV/m]
100,00
90,00
80,00
70,00
60,00
50,00
40,00
30,00
20,00
10,00
470,00
490,00
510,00
530,00
550,00
570,00
590,00
610,00
630,00
650,00
670,00
690,00
710,00
730,00
750,00
770,00
790,00
F [MHz]